

MARCONI FRANK BARROS

**OS MOVIMENTOS DOS PLANETAS E OS MODELOS DE UNIVERSO: UMA
PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional do Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Mascarello Bisch

VITÓRIA
2014



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

Marconi Frank Barros

OS MOVIMENTOS DOS PLANETAS E OS MODELOS DE UNIVERSO: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 10 de Junho de 2014.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Sérgio Mascarello Bisch
Universidade Federal do Espírito Santo

Profa. Dra. Cristina Leite
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Giuseppe Gava Camiletti
Universidade Federal do Espírito Santo

DEDICATÓRIA

Às três pessoas que mudaram minha vida:

Meu falecido pai Altamiro, o primeiro que acreditou em mim, a quem já havia visionado este feito meu e se estivesse aqui para ver isto não caberia em si de tanta felicidade. Deve ser por isto que Deus o chamou, ele realmente não era deste mundo.

Minha esposa Fernanda, a quem chamo carinhosamente de *minha vida*, a segunda a acreditar em mim, por todo seu empenho em não me fazer desistir de um sonho, desde a graduação, por ser minha ponte para o sucesso e o esteio de minha vida pós papai e acima de tudo, por seu amor, carinho e compreensão, Te Amo.

Minha filha MARIA FERNANDA, a quem chamo carinhosamente de meu *Universo*, a terceira a acreditar em mim, e que, mesmo pequena, sem saber agora o que isto representa para nós três, saberá um dia que tudo foi por seu amor.

AGRADECIMENTOS

À Deus Pai, Deus Filho e Deus Espírito Santo, que me capacitou, capacita e me capacitará sempre.

Aos Profs(as). Drs(as). do PPGEEnFis-UFES, pela atenção, apoio durante as aulas deste curso de mestrado, em especial ao Prof. Dr. Laércio Ferracioli, a quem abriu as portas para que pudesse sair do processo de emburrecimento.

Às equipes do Planetário de Vitória e Observatório Astronômico da UFES, pelo apoio nas atividades extraclasse da sequência didática.

À equipe técnico-pedagógica da EEEFM “João Crisóstomo Belesa”, pela confiança depositada em mim para realizar com as turmas do terceiro ano do ensino médio este projeto de mestrado, sobretudo meus amigos professores, coordenadores e Diretor.

Ao Prof. Dr. Sérgio Mascarello Bisch, pelo apoio durante o processo de definição, orientação e o mais, ter depositado sua confiança.

Aos meus amigos mestrandos, pelo companheirismo e pela oportunidade da troca de experiências, especialmente nas churrascadas.

Ao meu amigo David Menegassi Vieira, pelo suporte tecnológico que por muitas vezes salvou minha vida e pelo fato de simplesmente ser meu amigo.

À minha mãe Angela e minha avó Laurinda, por suas orações e interseções que tanto me ajudam em meu trabalho.

À meu irmão e amigo Thomas, pelas muitas fotocópias tiradas para este trabalho e outros e de maneira especial aos momentos de descontração providenciais.

RESUMO

A pesquisa teve como propósito desenvolver uma sequência didática sobre temas relevantes de Astronomia e verificar se a metodologia e materiais utilizados foram adequados e propiciaram uma aprendizagem significativa em um grupo de 33 estudantes do terceiro ano do ensino médio da rede pública do estado do Espírito Santo, com os quais a sequência foi trabalhada. O principal referencial teórico utilizado na elaboração da sequência e avaliação de seus resultados foi a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e Joseph Novak. A sequência teve como tema geral “Os Movimentos dos Planetas e os Modelos de Universo”, cujo ensino aos estudantes foi baseado na preparação de um material potencialmente significativo envolvendo atividades de observação do céu a olho nu e com telescópio, complementadas com a utilização do *software* astronômico *Stellarium*; uma abordagem histórica do tema em sala de aula, desde os primórdios da Astronomia até os tempos atuais, com ênfase na transição do modelo de universo geocêntrico para o heliocêntrico; uma sessão de planetário e uma atividade prática de simulação dos movimentos planetários com o próprio corpo. Boa parte das atividades foi planejada após a aplicação e análise de dois questionários iniciais e da elaboração, pelos estudantes, de mapas conceituais, para verificar seus conhecimentos prévios sobre o tema, cujo levantamento auxiliou a nortear a intervenção. Para o levantamento de dados, acompanhamento e avaliação da aprendizagem ensejada pela sequência, além dos questionários iniciais também foram aplicados questionários posteriores à realização das atividades e elaborados novos mapas conceituais pelos estudantes após a realização da sequência. Também foi possível interagir e estimular os alunos à distância por meio de página de grupo sobre Astronomia criada na rede social *Facebook*. Por meio da análise dos dados coletados foi possível detectar indícios de uma aprendizagem significativa em boa parte dos estudantes que demonstraram interesse pelo tema e foram capazes de assimilar novos conceitos sobre o céu e os planetas, de reconciliar conceitos inicialmente considerados distintos, como os de céu e Universo, e entender as explicações dos movimentos dos astros de acordo com os modelos geocêntrico e heliocêntrico, simulados na atividade de representação destes movimentos com o próprio corpo. A comparação entre os mapas conceituais elaborados antes e após a sequência também demonstrou evidências de avanços ocorridos na aprendizagem de conceitos de Astronomia. Também foi detectado um despertar de maior interesse pela disciplina de Física. Contudo, os dados também mostraram que nem todos os alunos aprenderam de forma significativa, indicando alguns pontos em que o material e a metodologia utilizados ainda merecem ser revisados e aprimorados em futuras aplicações, como no caso do ensino do conceito de movimento retrógrado. Como produto associado à dissertação, todo material potencialmente significativo utilizado, os roteiros e exemplos de atividades práticas aplicadas e a estruturação dos mesmos na sequência didática foram reunidos e são apresentados ao final, na forma de uma proposta didática para o ensino de tópicos de Astronomia no ensino médio, que segue como apêndice à dissertação.

Palavras-chave: Astronomia, Educação em Astronomia, sequência didática, movimentos dos planetas, modelos de universo.

ABSTRACT

The research aimed to develop a instructional sequence on relevant topics of Astronomy and check if the used methodology and materials were appropriated and have brought about a meaningful learning in a group of 33 students of the third year of secondary education at a public school of Espirito Santo state, Brazil, with whom the sequence was worked. The main theoretical framework used in the preparation of the sequence and assessment of their results has been the Theory of Meaningful Learning of David Ausubel and Joseph Novak. The sequence had as general theme "The Planets Movements and the Models of Universe", whose education to students was based on the preparation of a potentially significant material and activities involving observation of the sky with the naked eye and telescope, complemented with the use of the *Stellarium* astronomical software; a historical approach of the theme in the classroom, since the beginnings of Astronomy up to the current times, with an emphasis on the transition from the geocentric universe model to an heliocentric one; a planetarium session and a practical activity of simulation of planetary movements using the student's body itself. A substantial part of the activities were worked out after the application and analysis of two initial questionnaires and the elaboration by the students of conceptual maps to check their prior knowledge on the subject. This survey helped to guide the intervention. For collecting data, monitoring and assess the learning brought about by the sequence, another questionnaires were applied and new conceptual maps were developed by the students after the completion of the sequence. It was also possible to interact and stimulate students through distance by means of a group page on Astronomy created at the Facebook social network. The analysis of the collected data permit to detect evidences of a significant learning in a substantial part of the students who have demonstrated interest in the subject and have been able to assimilate new concepts about the sky and the planets, to reconcile concepts initially considered as distinct, as the sky and Universe, and understand the explanations about the planets movements in accordance with the geocentric and heliocentric models, simulated in the activity of representation of these movements with the body itself. The comparison between the conceptual maps drawn up before and after the sequence also showed evidence of advances that have occurred in the learning of concepts of Astronomy. A growing of interest in the discipline of Physics was also detectec. However, the data also showed that not all of the students learned significantly, indicating some points in which the material and the methodology used still deserve to be reviewed and improved in future applications, such as in the case of the teaching of the retrograde movement concept. As a product associated with the dissertation, all potentially significant material used, the scripts and examples of practical activities applied and the instructional sequence structuring were gathered and are presented at the end, in the form of a didactic teaching proposal for topics of Astronomy in high school, that follows as an appendix to this dissertation.

Keywords: Astronomy, Astronomy Education, instructional sequence, planets movements, universe models.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAIS TEÓRICOS	16
2.1 Aprendizagem Significativa	16
2.2 Resultados de Pesquisas em Educação em Astronomia	24
3 METODOLOGIA	29
3.1 Levantamento das concepções iniciais	29
3.2 A sequência de atividades didáticas	31
3.2.1 Aulas práticas de observação do céu a olho nu durante a noite	31
3.2.2 Aulas expositivas com utilização do projetor de multimídia e ferramentas complementares	32
3.2.3 Visita monitorada ao Planetário de Vitória e aula de campo	34
3.2.4 Atividade prática: Movimentos dos Planetas	36
3.2.4.1 Objetivo geral da Atividade	38
3.2.4.2 Objetivos específicos da Atividade	38
3.2.4.3 Metodologia da Atividade	39
3.2.4.4 Avaliação da Atividade	41
3.3 Coleta de dados e avaliação da aprendizagem	41
3.3.1 A Análise de Conteúdo	43
4 RESULTADOS	46
4.1 Análise das respostas aos questionários	47
4.1.1 Questões sobre observação e reconhecimento dos astros e seus movimentos no céu	47
4.1.1.1 O que é possível ver no céu? (questões A1 e C1)	47
4.1.1.2 É possível ver planetas no céu a olho nu? (questões A7 e C2)	49
4.1.1.3 Constelações: conceito e seu reconhecimento no céu (questões A2 e A3)	50
4.1.1.4 O movimento diário e anual das estrelas (questões A10 e C14, B1 e C3)	50

4.1.1.5 O movimento de um planeta com relação às estrelas (questões Ba2, Bd2 e C4)	58
4.1.2 Questões sobre os movimentos dos planetas e os modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico	61
4.1.2.1 Os movimentos dos planetas no sistema solar (questões Ba11 e Bd11, Ba13 e Bd13)	61
4.1.2.2 O movimento retrógrado dos planetas (questões C6, C7 e C8)	68
4.1.2.3 Os modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico (questão C9) ..	76
4.2 Interpretação dos Mapas Conceituais	80
4.2.1 Análise e Discussão dos Mapas Conceituais	83
4.2.1.1 Qualidade dos mapas antes da aplicação do material potencialmente significativo	83
4.2.1.2 Qualidade dos mapas depois da aplicação do material potencialmente significativo	86
4.2.1.3 Análise e discussão comparativa dos dois conjuntos de mapas	89
5 CONCLUSÕES	94
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
7 REFERÊNCIAS	100
APÊNDICE: Sequência Didática “Os Movimentos dos Planetas e os Modelos de Universo”	105
A.1 Introdução	106
A.2 Objetivos	107
A.3 Estrutura e Cronograma da Sequência	109
A.4 Questionário A	112
A.5 Questionário B	114
A.6 Atividade Prática – Reconhecimento do Céu	118
A.7 Instalando e Inicializando o Programa <i>Stellarium</i>	121
A.8 Texto “História da Astronomia”	125
A.9 Texto “Astronomia Indígena Brasileira”	146
A.10 Texto “Movimento Retrógrado dos Planetas: da visão Ptolomaica à visão Copernicana”	151

A.11 Atividade prática: Movimentos dos Planetas	156
A.12 Questionário C	162
A.13 Referências	166

APRESENTAÇÃO

Mesmo antes de licenciar-me em Física, já lecionava no ensino público estadual no estado do Espírito Santo, por sentir vocação em ser professor e, ao mesmo tempo, o desejo de contribuir com a melhoria do ensino público estadual. Apesar de ter tido professores competentes e esforçados, sentia que neles faltava ainda um conhecimento mais profundo do conteúdo, o ensino era superficial. Falo desta forma, pois ao frequentar aulas de curso preparatório para o vestibular notava a diferença superior de conteúdos em relação aos que eram ministrados na escola pública onde estudava. Contudo a culpa da educação pública ser, por muitas vezes, de baixo nível, não se deve exclusivamente aos professores e sim pela falta de ações governamentais que não oferecem subsídios para a prática docente, como investimentos em capacitação e salários dignos da profissão. Diante desta minha inquietação e da inércia do sistema educacional público estadual capixaba, quadro que venho acompanhando nos últimos dez anos, desde meu ingresso no magistério estadual, como professor de física, surgiu uma oportunidade de sair deste processo de “*emburrecimento*”, no qual eu, enquanto professor, estava sujeito. Foi então que, no ano de 2011, pleiteei uma vaga no Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFES, pois me capacitando poderei contribuir com mudanças positivas nesta realidade vivenciada pelos alunos, na tentativa de retirá-los da inércia do conhecimento, descobrindo novos horizontes através da pesquisa.

O interesse pelo ensino da Astronomia e em ensinar Astronomia vem de encontro aos meus anseios de mudança citados acima, pois essa ciência não era do meu conhecimento, não tive aulas de Astronomia no ensino médio e nem durante a graduação. Muito superficialmente, meus professores comentavam sobre as Leis de Kepler e Gravitação Universal e, quando indagados, diziam que isto era falar sobre Astronomia. O meu primeiro contato, de fato, com essa ciência se deu no mestrado a convite do professor Sérgio Mascarello Bisch (que por sinal é meu orientador neste trabalho).

Durante as aulas, como aluno ouvinte, o fascínio pela Astronomia foi crescendo e amadurecendo dentro de mim e um desejo muito forte de levar esta ciência ao conhecimento dos meus alunos do ensino médio, por que não?

Todos estes fatores despertaram em mim um interesse especial por este tema, como aluno do mestrado e como professor do ensino médio, o que me levou a crer na possibilidade do desenvolvimento de uma série de atividades que poderiam ser adequadas à minha realidade docente, da escola que leciono e de meus alunos, concretizada por meio do desenvolvimento de meu projeto de mestrado, que resultou na presente dissertação.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de existir dentre os professores de Física uma noção muito comum de que ao falar de Astronomia, isso não trará ganho para o aluno, por ser uma área pouco cobrada em vestibulares e no ENEM, ou muito complexa, talvez estas justificativas revelem o problema da pequena carga horária que é dada à disciplina de Física, ou pelo fato de os professores não possuírem conhecimento adequado sobre o assunto, este último investigado em vários trabalhos voltados para o ensino de Astronomia na Educação Básica, dentre eles destaco os de Bisch (1998), Leite (2006) e Langhi (2011). Porém ensinar Astronomia, segundo Nogueira e Canalle (2009, p. 21), é desejável, no sentido de estimular os alunos a desenvolverem raciocínios mais amplos e relacionarem ideias mais distantes, que em um primeiro momento, parecem não ter ligação, contudo cabendo ao professor fazer a abordagem correta, ou seja, selecionando e tendo noção daquilo que se deseja ensinar.

A Astronomia é uma ciência dinâmica, sendo que a abordagem histórica é um dos caminhos mais interessantes para o seu ensino, uma vez que seu entendimento, por ser objeto de contínua transformação, está associado a outras formas de expressão e produção humana. Promover um aprendizado em Astronomia significa uma articulação de toda uma visão de mundo, de uma compreensão dinâmica do universo, capaz de transcender nossos limites temporais e espaciais. É a contribuição que o presente trabalho traz ao apresentar a Astronomia numa sequência didática, pois carrega em si uma beleza e importância que não deve ser subestimada no processo educativo. Sua própria natureza observacional vai além da memorização de fórmulas desarticuladas da realidade vivida pelos alunos, superando a prática tradicional da decoreba.

Em nosso caso particular, preparamos um material “potencialmente significativo” (AUSUBEL, 2003, p. 1), no formato de uma sequência didática sob o título “Os Movimentos dos Planetas e os Modelos de Universo”, empregando a Teoria de Aprendizagem de David Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), complementada por meio de uma metodologia de confecções de Mapas Conceituais criada por Joseph Novak (NOVAK; GOWIN, 1996).

O presente trabalho tem, assim, por objetivo principal, desenvolver uma sequência didática de temas relevantes de Astronomia a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, e verificar se a metodologia utilizada favoreceu a aprendizagem significativa dos estudantes. Para tanto, utilizaremos dois mapas conceituais, aplicados antes e após a aplicação do material potencialmente significativo, a fim de compará-los, e quatro questionários, envolvendo tanto questões abertas como fechadas. O primeiro questionário inicial teve duplo papel: por um lado o levantamento das concepções iniciais, por outro promover um contato inicial com conceitos a serem abordados, fomentando o surgimento de possíveis “subsunçores” que dariam suporte ao conhecimento novo que será aprendido (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980); o segundo questionário serviu como pré-teste, e o terceiro e quarto como pós-testes.

Mendonça (2012) destaca que, para tornar possível a aprendizagem significativa, o aluno deve estar motivado a aprender. Nesse sentido, nossa escolha por trabalhar temas de Astronomia foi bastante adequada, pois se trata de uma área fascinante, que motiva os estudantes, e ainda apresenta um laboratório natural, acessível a todos, que é o céu, possibilitando a realização de atividades extraclasse que costumam despertar grande interesse, como a observação do céu a olho nu e com telescópios, a visita a planetários e a realização de oficinas, indo além da “decoreba” e da aula tradicional. Segundo Bisch, a Astronomia:

[...] pode ser um meio efficientíssimo de se trabalhar a superação do conhecimento por chavões, livresco, bem como do realismo ingênuo e da representação espacial qualitativa/topológica, desde que feita com método e acompanhada de uma discussão e interpretação de seus resultados. (BISCH, 1998, p. 261).

A Educação em Astronomia é parte importante da Educação em Ciência e vem sendo enfatizada nas diretrizes oficiais para a Educação Básica brasileira. No Ensino Fundamental, segundo recomendação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997, 1998), um dos quatro eixos temáticos em torno dos quais se deve organizar e desenvolver o ensino de Ciências é o eixo “Terra e Universo”. No Ensino Médio, por sua vez, segundo as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), um dos seis temas estruturadores que “articulam competências e conteúdos e apontam para novas práticas pedagógicas” é “Universo, Terra e Vida”

(BRASIL, 2006, p. 57), envolvendo as unidades temáticas: “Terra e sistema solar, o universo e sua origem, compreensão humana do Universo” (BRASIL, 2006, p. 57).

Um dos problemas do ensino de Astronomia é que costuma ser muito livresco, os estudantes apresentam muitas concepções prévias (ou alternativas) diferentes das concepções científicas, a explicação de fenômenos requer o uso, nada trivial, de diferentes referenciais (da superfície da Terra e do espaço), uma articulação entre eles e a consideração de movimentos relativos. Esta constatação também já fora evidenciada em trabalhos de Bisch (1998), onde ele destaca a presença, em geral, de três características básicas do conhecimento dos estudantes (e professores) do Ensino Fundamental: 1ª) concepções realistas ingênuas; o estudante acredita que o que percebe diretamente corresponde ao que as coisas são realmente, ou seja, nossos sentidos nos dão a noção exata do mundo; 2ª) dificuldades relativas à representação do espaço, de compreensão da tridimensionalidade e relações espaciais dos fenômenos astronômicos, e 3ª) uso de chavões (decoreba). Na tese de Leite (2006) é discutida a questão da importância da consideração da espacialidade dos astros e fenômenos astronômicos. No artigo de Langhi (2011) o autor apresenta um resumo/síntese dos resultados de vários trabalhos sobre concepções alternativas em Astronomia e destaca a importância de uma ação nacional voltada para tomadas de decisões concretas que envolvam comunidades de astrônomos amadores e profissionais, pesquisadores em ensino de Ciências e a escola com o objetivo de contribuírem numa solução para o aprimoramento do ensino de Astronomia.

Visando contribuir para superação dos problemas apontados e tirando proveito das qualidades da Astronomia (motivadora/fascinante, com possibilidade de desenvolvimento de atividades “não-livrescas”, extraclasse, potencialmente promotoras de uma aprendizagem significativa), é que trazemos esta proposta de sequência didática, que inclui:

- Levantamento das concepções iniciais dos estudantes;
- Desenvolvimento de uma sequência articulada e integrada de atividades em sala de aula e extraclasse, com as últimas buscando promover um contato mais direto com os objetos de estudo da Astronomia – os astros – e uma melhor apreensão de sua tridimensionalidade, de seus movimentos e da sua distribuição no espaço cósmico,

tendo em vista que a representação espacial dos fenômenos astronômicos é um dos grandes “nós” do ensino de Astronomia (LEITE, 2006; BISCH, 1998);

- Avaliação de aprendizagem, durante e ao final da sequência.

Nas seções que se seguem trataremos pormenorizadamente estas questões.

Na seção “Referenciais Teóricos” apresentaremos a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que nos serviu como norteador das questões a serem abordadas dentro da sequência didática, pois, como o próprio Ausubel se refere em sua teoria (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980): conhecer o que o aprendiz já sabe é o fator isolado mais importante, descubra-o e ensine de acordo. Para compreendermos de fato o que o aluno já sabe sobre o tema Astronomia, utilizamos a técnica dos Mapas Conceituais desenvolvida por Joseph Novak. Também fizemos valer de Resultados de Pesquisas em Educação em Astronomia na busca de sabermos o que está sendo desenvolvido em termos de pesquisa nesta área, seus problemas e algumas soluções apontadas no desenvolvimento desta ciência em sala de aula.

Na seção intitulada “Metodologia”, descrevemos como foi feito o levantamento das concepções iniciais, como se deu o desenvolvimento da sequência didática, incluindo um detalhamento das atividades extraclasses, sobretudo da atividade prática de simulação dos movimentos dos planetas utilizando o próprio corpo, e como foi feita a coleta de dados, a análise e avaliação da aprendizagem.

Na seção “Resultados” apresentamos os principais resultados obtidos por meio da análise das respostas aos questionários e dos mapas conceituais confeccionados pelos estudantes, na busca de indícios quanto a aprendizagem verificada nos alunos com a aplicação da sequência didática.

Nas seções “Conclusões” e “Considerações Finais” apresentamos, respectivamente, uma síntese das principais conclusões que extraímos a partir dos resultados obtidos e fazemos algumas considerações acerca do contexto em que foi realizado nosso trabalho, sua aplicabilidade e relevância.

Por fim, no Apêndice, trazemos a sequência didática que foi o produto desta dissertação, para que eventuais professores interessados no ensino de Astronomia na Educação Básica possam utilizá-la como subsídio para suas aulas.

2. REFERENCIAIS TEÓRICOS

Os principais referenciais teóricos em que nos inspiramos para propor a sequência didática “Os Movimentos dos Planetas e os Modelos de Universo” e as estratégias didáticas que nela utilizamos, bem como para avaliar os resultados obtidos, sobretudo em termos de aprendizagem, foram a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980) e resultados de pesquisas na área da Educação em Astronomia voltadas ao seu ensino na Educação Básica, como os trabalhos de Bisch (1998), Leite (2006) e Langhi (2011). Para a obtenção e análise de dados sobre aprendizagem durante a sequência, por sua vez, também nos valem da técnica dos mapas conceituais (NOVAK et. al, 1984). A seguir descrevemos, resumidamente, o que nos dizem cada um destes referenciais e técnicas, especialmente com relação a aspectos em que nos baseamos e utilizamos em nossa pesquisa.

2.1 Aprendizagem Significativa

Para Ausubel, a tarefa de aprendizagem implica relacionar, de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado, desta forma a aprendizagem significativa ocorre quando o estudante atribui um significado à nova informação/conceito, isto é, relaciona a mesma a conteúdos preexistentes em sua estrutura cognitiva. Para Ausubel esse seria o mecanismo humano por excelência de aquisição e armazenamento de uma vasta quantidade de ideias e informações. De acordo com esse referencial, o fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe:

"O fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Descubra isso e ensine-o de acordo" (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. ix).

Segundo Moreira, não arbitrariedade e substantividade são as características básicas da aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011, p. 26), que podem ser explicados da seguinte forma:

- **Não arbitrariedade:** quer dizer que o material potencialmente significativo se relaciona de maneira não arbitrária com o conhecimento já existente na

estrutura cognitiva do aprendiz. Ou seja, o relacionamento não é com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas sim com conhecimentos especificamente relevantes, chamados por Ausubel de subsunçores. O conhecimento prévio serve de matriz ideacional e organizacional para a incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos quando estes “se ancoram” em conhecimentos especificamente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Novas ideias, conceitos, proposições, podem ser aprendidos significativamente (e retidos) na medida em que outras ideias, conceitos, proposições, especificamente relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do sujeito e funcionem como pontos de “ancoragem” aos primeiros.

- **Substantividade:** significa que o que é incorporado à estrutura cognitiva é a **substância** do novo conhecimento, das novas ideias, não as palavras precisas usadas para expressá-las. O mesmo conceito ou a mesma proposição podem ser expressos de diferentes maneiras, através de distintos signos ou grupos de signos, equivalentes em termos de significados.

Para Ausubel o processo de aprendizagem por meio da aprendizagem significativa é a forma mais adequada, que ocorre quando o aprendiz é um sujeito ativo no processo de aprendizagem, exigindo dele ação e reflexão, facilitada pela organização cuidadosa das matérias e das experiências de ensino.

A interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados verdadeiros ou psicológicos. Devido à estrutura cognitiva de cada aprendiz ser única, todos os novos significados adquiridos são, também eles, obrigatoriamente únicos (AUSUBEL et al., 1980, p. 34).

Desta forma, é possível consolidar conceitos concretos: os educandos formam e entendem os seus significados, aprendem com pré-alicerces de forma ampla e, mediados pela linguagem, processam novas informações que devem estar organizadas progressivamente para que eles possam ancorar seu novo conhecimento. Isto nada mais é que a base para a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, segundo Ausubel (2003).

Partindo desta ideia, surge a noção de mapa conceitual, que se ancora na teoria cognitiva de David Ausubel. Esta técnica foi desenvolvida em meados da década de setenta por Joseph Novak (MOREIRA, 1997, 2005) e seus colaboradores da Universidade de Cornell nos Estados Unidos. Segundo Novak, um mapa conceitual é um recurso esquemático para representar um conjunto de significados conceituais incluídos numa estrutura de proposições que têm por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições (NOVAK et al, 1996).

Ainda de acordo com Novak, os mapas conceituais servem para tornar claro, tanto aos professores como aos alunos, o pequeno número de ideias chaves em que eles se apoiam para uma tarefa de aprendizagem específica. Um mapa conceitual também pode funcionar como uma espécie de mapa “rodoviário” visual, mostrando alguns dos trajetos que se pode seguir para ligar os significados de conceitos de forma a que resultem proposições. Depois de terminada uma tarefa de aprendizagem, os mapas conceituais mostram um resumo esquemático do que foi aprendido.

Os mapas conceituais, apesar de seguirem muitas vezes uma organização hierárquica, incluindo setas, não devem ser confundidos com organogramas ou diagramas de fluxo, pois não implicam sequência, temporalidade ou direcionalidade, nem hierarquias organizacionais ou de poder, segundo Moreira (1997, 2005).

Tal hierarquia pode servir apenas para um modelo de mapa conceitual, no qual conceitos mais inclusivos estão no topo da hierarquia e conceitos específicos, pouco abrangentes, estão na base. Porém deve ficar claro no mapa conceitual quais os conceitos são contextualmente mais importantes e quais os menos importantes, utilizando-se setas para dar um sentido de direção a determinadas relações conceituais. Não há regras gerais fixas para se traçar mapas conceituais.

Cada aluno, cada professor, assim como cada indivíduo possui conhecimentos prévios, os quais influenciam primordialmente na aquisição e construção do conhecimento, podendo gerar uma aprendizagem significativa. Cada indivíduo tem suas ideias iniciais, seus primeiros conceitos, os quais influenciam diretamente no processo ensino-aprendizagem. De acordo com os PCN+ (BRASIL, 2002), o aprendizado dos alunos e dos professores e seu contínuo aperfeiçoamento devem ser construção coletiva, num espaço de diálogo propiciado pela escola, promovido pelo sistema escolar e com a participação da comunidade.

Nesta concepção, o educador auxilia, atuando como mediador, subsidiando o educando na construção de seu próprio conhecimento, direcionando-o a elaboração de novos conceitos a partir de sua vivência, potencializando seu aluno para uma aprendizagem significativa.

Este trabalho também tem por objetivo entender o que cada aluno entende e sabe, sobre Astronomia, buscando compreendê-lo como sujeito único, para poder contribuir de forma significativa com o seu aprendizado, construindo, dessa maneira, material potencialmente significativo, facilitando a nova aquisição de saberes.

A aprendizagem mecânica ou automática nos remete diretamente à nossa prática em sala de aula, pois, por motivos variados, e até mesmo inconscientes, devido a uma formação acadêmica deficitária a que fomos submetidos, em geral ainda lecionamos de uma maneira tradicional, segundo a “teoria da decoreba”.

De acordo com Ausubel:

A aprendizagem mecânica ocorre se a tarefa consistir de associações puramente arbitrárias, quando falta ao aluno o conhecimento prévio relevante necessário para tornar a tarefa potencialmente significativa, e também se o aluno adota uma estratégia apenas para internalizá-la de uma forma arbitrária, literal. (AUSUBEL et al., 1980, p. 23).

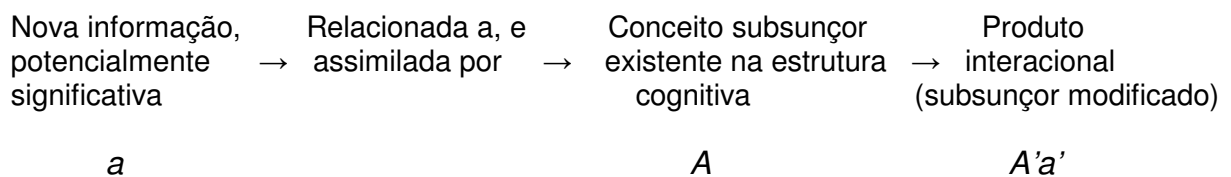
Neste contexto de aprendizagem mecânica o aluno adquire um novo conceito, porém ele é transitório e temporário, o educando não se torna capaz de relacioná-lo a situações que necessitam de recorrer a sua estrutura cognitiva. Moreira (1997, 2005) afirma que, na aprendizagem mecânica:

[...] o novo conhecimento é armazenado de maneira arbitrária e literal na mente do indivíduo. O que não significa que esse conhecimento seja armazenado em um vácuo cognitivo, mas sim que ele não interage significativamente com a estrutura cognitiva preexistente, não adquire significados. Durante um certo período de tempo, a pessoa é inclusive capaz de reproduzir o que foi aprendido mecanicamente, mas não significa nada para ela. (MOREIRA, 2005, p.6).

Porém, a aprendizagem mecânica possui determinadas consequências significativas para a aprendizagem. Segundo Lemos (2011):

Quando a estrutura cognitiva do indivíduo não possui subsunçores diferenciados e estáveis para ancorar (subsumir) a nova informação, o indivíduo a armazenará de forma literal e não substantiva, ou seja, realizará aprendizagem mecânica. O conhecimento aprendido mecanicamente pode ir paulatinamente sendo relacionado com novas ideias e reorganizado na estrutura cognitiva caso o sujeito continue interagindo com o novo conhecimento. É essa interação dinâmica que caracteriza a não dicotomia entre essas duas formas de aprendizagem [...] (LEMOS, 2011, p. 32).

Dessa forma quando a aprendizagem inicialmente mecânica começa a ser significativa, esses subsunçores tornam-se cada vez mais estruturados e capazes de alicerçar novos conceitos, novas informações. Os conceitos novos são recebidos e organizados sistematicamente na estrutura cognitiva do indivíduo, surgindo aí o princípio da assimilação, que ajuda a explicar como o conhecimento é organizado na estrutura cognitiva. Segundo Moreira (1999, p. 157), pode ser representado pelo seguinte esquema:



Assim, de acordo com o esquema proposto, a nova informação a , potencialmente significativa, é assimilada por uma nova ideia ou conceito mais inclusivo, ancorando-se ao subsunçor A , com o qual se relaciona, sendo que após a interação ambos se modificam, formando um novo produto, que nada mais é que o subsunçor modificado $A'a'$.

Imediatamente após ocorrer a aprendizagem significativa, começa um segundo estágio da assimilação: *a assimilação obliteradora* ou um *esquecimento significativo*. Onde o conceito recém-assimilado $A'a'$ que antes podia ser desassociado em a' e A' , passa a integrar o subsunçor definitivamente, não permitindo mais uma dissociação, integrados na estrutura cognitiva de forma mais prática e econômica do que se o conceito fosse armazenado separadamente.

O esquecimento é, portanto, uma continuação temporal do mesmo processo de assimilação que facilita a aprendizagem e retenção de novas informações. Segundo Ausubel (2003):

A assimilação explica o fenómeno do esquecimento (ou perda de capacidade de recuperação em relação ao significado recentemente aprendido), colocando a hipótese de que a particularidade e especificidade únicas do último significado são afastadas (obliteradas), em vários graus, pela generalidade da(s) respectiva(s) ideia(s) ancorada(s) [...] (AUSUBEL, 2003, p. 107).

Segundo Lemos (2011), a ocorrência da aprendizagem significativa dependerá de dois fatores fundamentais, que são:

- a) A organização de um material de ensino potencialmente significativo, que está intrinsecamente ligada com a condição de se identificar com que o aluno já sabe. A partir daí constrói-se o material.
- b) A intencionalidade do aluno para aprender de forma significativa, ou seja, é o aluno que deverá relacionar de forma substantiva e não arbitrária a nova informação com as ideias relevantes que já existem na sua estrutura cognitiva.

Esses dois fatores referenciados acima nos remetem a dois princípios ausubelianos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Segundo Moreira (1999) a diferenciação progressiva:

[...] é vista como um princípio programático da matéria de ensino, segundo o qual as ideias, conceitos, proposições mais gerais e inclusivos do conteúdo devem ser apresentados no início da instrução e progressivamente, diferenciados em termos de detalhes e especificidade. (MOREIRA 1999, p. 160).

Ao longo da aprendizagem, subsunçores vão interagindo com outros subsunçores mais elaborados na estrutura cognitiva do aprendiz servindo de âncora para a atribuição de significados aos novos conhecimentos (MOREIRA, 2005). A medida que o aluno vai aprendendo que, ao olhar para o céu, ele pode ver, além de estrelas, também planetas, constelações e galáxias, o subsunçor “céu” vai cada vez ficando mais elaborado, mais diferenciado, possivelmente passando a se relacionar de maneira mais estreita com o conceito de universo, num processo dinâmico e característico da estrutura cognitiva.

Na reconciliação integradora os subsunçores se relacionam de forma mais elaborada a fim de fornecerem novos significados a conceitos já estabelecidos. Conhecimentos

prévios mais estabelecidos na estrutura cognitiva do estudante acerca da matéria de ensino são percebidos como relacionados levando a uma reorganização da estrutura cognitiva. É o que ocorreria, por exemplo se o aluno tivesse conceitos de estrela e sol, claros e estáveis na estrutura cognitiva, reorganizaria seus significados e saberia que estaríamos falando da mesma coisa. Da mesma forma, a medida que o conceito de céu vai se diferenciando e se relacionando de forma mais estreita com o de universo, ocorreria uma reconciliação integradora entre ambos que, com frequência, acham-se inicialmente dissociados na estrutura cognitiva do aprendiz.

Estes dois aspectos do processo de aprendizagem estão intimamente ligados à aprendizagem significativa. Segundo Moreira (2005), a reconciliação integradora e a diferenciação progressiva:

[...] são dois processos relacionados que ocorrem no curso da aprendizagem significativa. Toda aprendizagem que resultar em reconciliação integrativa resultará também em diferenciação progressiva adicional de conceitos e proposições. A reconciliação integradora é uma forma de diferenciação progressiva da estrutura cognitiva. É um processo cujo resultado é o explícito delineamento de diferenças e similaridades entre ideias relacionadas. (MOREIRA, 2005).

Levando em conta estes fatores, podemos ter uma aprendizagem significativa, contudo, de acordo com Lemos (2011), todo o trabalho a ser realizado pelo professor pode não ser suficiente:

[...] não se pode negligenciar que existem influências que (de)limitam o poder de decisão e atuação do docente. Tal fato nos leva a questionar até onde vai a autonomia do professor e, portanto, a considerar que a natureza – política, econômica, social e ambiental – do contexto poderia ser tomada como uma terceira condição a influenciar a organização do material potencialmente significativo. Um professor, por melhor preparado que seja, dificilmente conseguirá desenvolver um bom trabalho se os fatores macroestruturais não contribuírem para isso. (LEMOS, 2011, p. 30).

As observações do céu a olho nu, logo no início da intervenção, ou seja, antes da aplicação do material potencialmente significativo, trouxeram à sequência didática uma forma de potencializar os subsunçores dos alunos, já que o conteúdo a ser ensinado – a Astronomia – que não é totalmente estranho (material relativamente

familiar (MOREIRA, 2008), com o qual o estudante já possui algum contato, promovendo desta forma “...um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos.” (MOREIRA, 2008). É neste sentido que boa parte da sequência didática foi elaborada e aplicada, de forma que, ao receber a instrução, o aprendiz pudesse explicitar a relacionabilidade entre os novos conhecimentos e aqueles que já tem, mas não percebe que são relacionáveis aos novos (MOREIRA, 2008), como a relação que pode ser estabelecida entre os conceitos de céu, que lhe é familiar, e o de universo, com planetas, estrelas e galáxias, que lhe foi apresentado.

A atividade realizada na sequência, que utilizava o próprio corpo para representar os movimentos dos planetas no modelo geocêntrico e no modelo heliocêntrico, foi desenvolvida sob a perspectiva de aplicação daquilo que os estudantes conseguiram aprender durante a aplicação do material de instrução. No entanto foi observado que muito daquilo que eles já conheciam sobre o assunto foi esboçado por eles durante a execução da atividade, sobretudo no que diz respeito à representação do modelo heliocêntrico, com o qual já eram familiarizados, em grande parte por conta do que está nos livros.

Na aprendizagem significativa, a aplicação do material potencialmente significativo não se traduz em um processo unilateral, onde o professor é o detentor da fala e os alunos são meros ouvintes, o que ocorre de fato é que:

Neste processo, professor e aluno têm responsabilidades distintas. O primeiro deve: a) diagnosticar o que o aluno já sabe sobre o tema; b) selecionar, organizar e elaborar o material educativo; c) verificar se os significados compartilhados correspondem aos aceitos no contexto da disciplina e d) reapresentar os significados de uma nova maneira, caso o aluno não tenha ainda captado aqueles desejados. O aluno, por sua vez, tem a responsabilidade de: a) captar e negociar os novos significados e b) aprender significativamente. (LEMOS, 2011, p. 29).

2.2 Resultados de Pesquisas em Educação em Astronomia

Em anos recentes, sobretudo a partir do final da década de 1990, houve um crescimento significativo da produção científica brasileira na área de Educação em Astronomia. Segundo apontado por Bretones, em seu trabalho sobre a implantação

do “Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia” (BRETONES, 2011), esse aumento, em parte, é decorrente da criação de programas de pós-graduação na área de Ensino de Ciências.

Outro fator relevante que deve ter concorrido para esse crescimento, muito provavelmente, é o fato de a Educação em Astronomia ter sido enfatizada nas diretrizes oficiais para a Educação Básica brasileira a partir do final dos anos 1990: no Ensino Fundamental, segundo recomendação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997, 1998), um dos quatro eixos temáticos em torno dos quais se deve organizar e desenvolver o ensino de Ciências é o eixo “Terra e Universo”; no Ensino Médio, por sua vez, segundo os PCN+ (BRASIL, 2002) e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), um dos seis temas estruturadores que “articulam competências e conteúdos e apontam para novas práticas pedagógicas” é “Universo, Terra e Vida” (BRASIL, 2006, p. 57), envolvendo as unidades temáticas: “Terra e sistema solar, o universo e sua origem, compreensão humana do Universo” (BRASIL, 2006, p. 57).

O crescimento das pesquisas na área também pode ser verificado pela realização dos Simpósios Nacionais de Educação em Astronomia, cuja primeira edição ocorreu em 2011 (SNEA 2011, acesso em 25 jun 2013) e a segunda em 2012 (SNEA 2012, acesso em 25 jun 2013), e da publicação, por editores brasileiros, da Revista Latinoamericana de Educação em Astronomia, a partir de 2004, e a recente criação de mestrados profissionais diretamente voltados a esta área, como o Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP (MPEA/IAG/USP, acesso em 15 maio 2014).

Dentre os principais resultados apontados por essas pesquisas, podemos citar:

- a forte e arraigada presença, em estudantes e professores da Educação Básica, das chamadas “concepções alternativas” ou “concepções espontâneas”, reveladas em inúmeras pesquisas na área da Educação em Astronomia, conforme indicado, p. ex., na revisão feita por Langhi (2011);
- a necessidade de ênfase e consideração da espacialidade dos fenômenos astronômicos em seu ensino e aprendizagem, conforme revelado, p. ex., nos trabalhos de Leite (2006) e Bisch (1998);

- a presença de inúmeros erros em livros didáticos, conforme analisado, p. ex., em Langhi e Nardi (2007), Leite e Hosoume (1999), Canalle et al. (1997);
- a importância, para a aprendizagem sobre Astronomia, da realização de atividades práticas de observação do céu (BISCH, 1998; LANGHI, 2004; BRETONES, 2010).

Esses resultados serviram como referência essencial para balizar o planejamento e estruturação da sequência didática que é objeto da presente dissertação. As atividades de ensino e materiais didáticos utilizados buscaram: promover uma problematização e superação de concepções alternativas apontadas nas pesquisas e levantadas no início da sequência; incorporar uma atividade de representação do movimento dos planetas no espaço tridimensional, utilizando o próprio corpo dos estudantes, visando propiciar melhor compreensão da espacialidade do fenômeno astronômico de movimento dos planetas em suas órbitas em torno do Sol e, especialmente, de seu movimento relativo e ocorrência dos movimentos retrógrados; a realização de atividades práticas de observação do céu, como ponto de partida para a (re)construção de conceitos, bem como uma visão crítica com relação aos livros didáticos e realização de atividades extraclasse, como uma visita a um planetário e observações do céu com telescópio, que vão bem além do que é possível ser trabalhado apenas com textos e livros didáticos.

Como para boa parte dos estudantes o estudo seria uma novidade, a fim de desenvolver subsunçores e promover uma passagem de uma aprendizagem mecânica a uma significativa, planejamos iniciar a sequência por meio de uma atividade prática de observação atenta do céu a olho nu, da Lua, das estrelas e de um planeta, mostrando que estes objetos e a Astronomia são acessíveis à observação direta e acham-se presentes em nosso dia-a-dia.

Aplicando essas ideias ao trabalho que nos propusemos, além do fato de este assunto ser fascinante e motivador, aguçando a curiosidade dos estudantes e proporcionando maior interesse, podemos dizer que o tema Astronomia é uma disciplina potencialmente significativa. Utilizamos também a nosso favor a pré-disposição do aluno para aprender Astronomia, o que, de acordo com Ausubel e Novak, é um fator facilitador da aprendizagem. A interação dos conteúdos com a realidade social que, segundo Novak, é item indispensável para a aprendizagem, visto que Astronomia é

assunto diário nos meios de comunicação. Porém, ainda em muitos casos, o ensino é “livresco” (BISCH, 1998), ou seja, boa parte dos professores provavelmente aprende e ensina Astronomia através do livro didático que, frequentemente apresenta uma Astronomia impositiva, fragmentada e em muitos casos com erros conceituais graves, além de pouca articulação entre as imagens, os conceitos e os fenômenos apresentados e vivenciados em nosso cotidiano. (LEITE, 2006).

Com relação à formação de professores da Educação Básica, Bretones e Compiani (2010) ressaltam que na legislação relativa à formação destes professores não existe determinação específica referente aos conteúdos de Astronomia, oferecendo os cursos superiores pouquíssimas oportunidades para que o professor tenha formação inicial para lecionar conteúdos de Astronomia, tornando necessária a implantação de cursos de formação continuada de professores. Dentre as inúmeras iniciativas de atender esta demanda, Canalle (1998), numa iniciativa de incentivar e difundir a Astronomia nos meios escolares, propõe uma série de experimentos de baixo custo, permitindo que o estudo da Astronomia não seja somente privilégio daqueles que buscam essa área em nível de especialização ou de pesquisa.

Outros trabalhos nesta rota que merecem destaque por priorizarem um olhar diferenciado para os estudantes e professores, investigando como sabem e de que forma ensinam Astronomia são os de Bisch (1998) e Leite (2006), como mencionados na introdução deste trabalho.

No caso de Bisch (1998), apesar de o próprio autor entender que o trabalho necessite de complemento devido ao universo do ensino da Astronomia ser bastante amplo, conclui que há um horizonte de possibilidades de trabalhos extensionistas a serem realizados, articulando a pesquisa em ensino e seus resultados com o contexto de sala de aula, com propósito de auxiliar aos professores, fornecendo subsídios para sua prática docente no campo do ensino da Astronomia.

Leite (2006) discute sobre a questão da importância da consideração da espacialidade dos astros e fenômenos astronômicos, a partir do conhecimento dos professores, articulados aos conceitos estudados e fornecidos pela ciência.

O desenvolvimento de atividades práticas mostra que o ensino da Astronomia necessita de um enfoque menos tradicionalista, baseado em livros didáticos. Na busca

da excelência do ensino, nós professores, temos que ir além daquilo que nos é oferecido em livros didáticos, a pesquisa de trabalhos nesta rota e a formação continuada são suportes que podem trazer grandes benefícios e mudanças na forma como se ensina a Astronomia.

Langhi (2011) aponta vários problemas com relação à Educação em Astronomia no Brasil, tais como:

- Existência de lacunas na formação inicial de professores da educação básica (especialmente dos anos iniciais do Ensino Fundamental) relativos a conteúdos e metodologias de ensino de Astronomia;
- Cursos de curta duração, normalmente denominados de “formação continuada”, que não promovem, satisfatoriamente, uma mudança efetiva na prática docente para a educação em Astronomia;
- Carência de material bibliográfico de linguagem acessível e de fonte segura de informações sobre Astronomia para professores e público em geral;
- Há um descompasso entre a proposta dos PCN e o trabalho efetivo nas escolas com o tema Astronomia;
- Espetacularização excessiva da mídia e sensacionalismos exagerados sobre temas e fenômenos de Astronomia;
- Escassez de estabelecimentos dedicados à Astronomia (observatórios, planetários, associações, museus, etc), e dificuldades no aproveitamento de seu potencial em estabelecer relações continuadas com a comunidade escolar;
- Persistência de erros conceituais em livros didáticos e outros manuais didáticos, apesar de diversas revisões em seus textos;
- Quantidade reduzida de pesquisas sobre Educação em Astronomia;
- Perda de valorização cultural e falta do hábito de olhar para o céu;
- Falta de atualizações aos professores quanto a novas descobertas e informações sobre fenômenos astronômicos iminentes (por exemplo: eclipses, chuvas de meteoros, etc.) que poderiam ser aproveitados nas aulas.

Apesar de a literatura elencar por diversas vezes estes problemas, evidencia-se a persistência dos mesmos, demandando de um esforço em conjunto para a solução destas questões apontadas, como sugere Langhi (2011):

Recomendamos, assim, um esforço geral das comunidades científica, escolar, de astrônomos amadores e dos estabelecimentos relacionados (planetários, observatórios, museus, etc.) em mudar efetivamente o quadro atual no que tange à Educação em Astronomia [...] (LANGHI, 2011).

O presente trabalho, balizado pelos resultados acima expostos, busca contribuir para este esforço conjunto, e pode ser considerado parte dele, por envolver estudantes de uma escola pública de Ensino Médio, onde foi aplicada a sequência, a comunidade científica, representada pelo professor-pesquisador e seu orientador, e a realização de parte das atividades em espaços não-formais, como o Planetário de Vitória.

3. METODOLOGIA

A elaboração e aplicação da sequência didática “Os Movimentos dos Planetas e os Modelos de Universo” e a coleta de dados para avaliação de seus resultados pedagógicos foi realizada em três etapas gerais:

1ª) Levantamento das concepções iniciais dos estudantes com relação ao céu, ao tema geral escolhido e aos conceitos básicos a serem trabalhados, fazendo uso de questionários e confecção de um mapa conceitual;

2ª) Desenvolvimento de uma sequência de atividades didáticas, começando pela realização de observações do céu a olho nu e com telescópios, seguida de aulas expositivas iniciando por uma abordagem da história da Astronomia, seguidas por atividades extraclasse de visita a um planetário e atividades práticas utilizando o próprio corpo;

3ª) Coleta de dados e avaliação de aprendizagem, durante e ao final da sequência, utilizando, como instrumentos para a coleta, questionários e confecção de novos mapas conceituais, além de análises do diário de bordo do professor e das postagens em página de grupo da rede social *Facebook*, criada pelo professor para comunicação com os alunos, tendo como tema a Astronomia.

A seguir apresentamos, pormenorizadamente, aquilo que efetivamente desenvolvemos e trabalhamos com as turmas do terceiro ano do ensino médio às quais leciono, dentro proposta de ensino de Astronomia para ao Ensino Médio por meio da sequência didática “Os Movimentos dos Planetas e os Modelos de Universo”.

3.1. Levantamento das concepções iniciais

O levantamento das concepções iniciais dos estudantes é um passo fundamental, tanto para adaptar a metodologia e dinâmicas efetivamente utilizadas durante as atividades planejadas a estas concepções, como também para acompanhar a evolução das mesmas e, assim, avaliar a eficácia da metodologia de ensino adotada e da própria sequência didática, verificando se a mesma propiciou uma aprendizagem significativa.

Como primeira atividade da sequência didática foram aplicados dois questionários chamados de **A** e **B** (seções A.4 e A.5 do Apêndice), para levantamento das concepções iniciais dos estudantes:

- O primeiro (Questionário A) tendo como objetivo o levantamento das concepções dos estudantes acerca do que é possível ver no céu, a olho nu, quando o observamos a noite – quais os astros e quais movimentos – e sobre a natureza dos principais tipos de objetos celestes: planetas, estrelas e galáxias. Também buscamos, de certa forma, através deste primeiro questionário sensibilizar os alunos com relação ao tema geral (a Astronomia) a ser trabalhado e estimular a utilização, maior elaboração e diferenciação de eventuais subsunçores já presentes na estrutura cognitiva dos alunos que foram alvo deste trabalho de pesquisa.
- O segundo (Questionário B) objetivando o levantamento dos conceitos iniciais dos estudantes mais diretamente relacionados ao tema central da sequência – os movimentos dos planetas e os modelos de universo –, tais como conceitos relativos aos movimentos dos planetas com relação ao Sol, a estrutura e composição do sistema solar, e as dimensões e distâncias entre Sol, a Terra, a Lua, planetas e estrelas, a história da Astronomia e os modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico.

Esses dois questionários iniciais foram aplicados nos meses de fevereiro a abril do ano de 2013, que no calendário escolar abarca o primeiro trimestre letivo. O cronograma das atividades e os questionários são apresentados nas seções A.3, A.4 e A.5 do Apêndice.

Ainda com vistas ao levantamento dos conceitos iniciais e das relações estabelecidas entre eles, após os dois questionários iniciais, na aula seguinte, os estudantes também foram convidados a elaborar seus próprios mapas conceituais (MOREIRA, 2005) do campo conceitual da Astronomia. A maioria dos estudantes é oriunda do segundo ano do ensino médio, ou seja, foram ex-alunos meus no ano passado, portanto os alunos já tinham conhecimento de como é produzido um mapa conceitual e quais critérios devem ser levados em conta, devido ao trabalho que já venho desenvolvendo, desde 2011, com mapas conceituais. Em relação aos poucos alunos que não conheciam/sabiam confeccionar mapas conceituais, ministrei meia hora de

aula com exemplos, para que os estudantes compreendessem o que é um mapa conceitual e como ele deve ser feito.

Os dois questionários e os mapas conceituais iniciais serviram de instrumentos para mapear como os conceitos sobre Astronomia estão armazenados e interligados na estrutura cognitiva dos alunos, o nível hierárquico dos conceitos mais inclusivos em relação aos menos inclusivos, explicados pela diferenciação progressiva.

A análise preliminar dos questionários respondidos e dos mapas conceituais confeccionados norteou a sequência das aulas da sequência didática, uma vez que o foco do material potencialmente significativo está justamente no aluno, a fim de que na interação do seu conhecimento prévio haja modificação pela aquisição de novos significados (MOREIRA, 2011).

A partir dos resultados obtidos nos questionários iniciais **A** e **B** e no primeiro mapa conceitual, teve início o desenvolvimento das aulas e atividades em forma de sequência didática, com as devidas adequações no material potencialmente significativo, dando ênfase àquilo que os alunos responderam e descreveram sobre o tema proposto, onde o professor-pesquisador pode captar os conhecimentos prévios dos alunos e, a partir daí, fazer as devidas intervenções através do material produzido para as aulas. As aulas foram divididas da seguinte forma:

3.2 A sequência de atividades didáticas

O material potencialmente significativo e atividades desenvolvidos para sequência didática, que teve como tema central os movimentos dos planetas e os modelos de universo, especialmente o confronto entre os modelos de universo geocêntrico, de Ptolomeu, e heliocêntrico, de Copérnico, Kepler e Newton, foi o seguinte:

3.2.1. Aulas práticas de observação do céu a olho nu durante a noite

Após a aplicação dos dois questionários iniciais e do mapa conceitual, foi solicitado que os alunos observassem o céu durante determinada hora da noite, entre 19h00min e 20h00min e executassem a chamada “Atividade Prática 01 – Reconhecimento do Céu”, cujo roteiro é apresentado na seção A.6 do Apêndice, e cujo ponto alto era o registro das “estrelas” mais brilhantes observadas na região do céu por onde a Lua passava nos dias 16 a 20 de fevereiro de 2013, sendo que a “estrela” mais brilhante

da região, nesta época, era um planeta – fato ainda desconhecido por praticamente todos os alunos e que seria uma das “descobertas” mais importantes, associada à atividade.

Com o auxílio da página criada pelo professor no *Facebook* os alunos puderam tirar dúvidas e obter orientação mais precisas acerca da atividade proposta, além de postagens periódicas de notícias relevantes ao tema Astronomia. A utilização do *Facebook* no acompanhamento dos alunos também possibilitou que os próprios interagissem na página postando, trazendo informações pertinentes ao tema, propondo perguntas e debates para as aulas, além deles próprios tirarem dúvidas uns dos outros e se incentivarem mutuamente, como postou um dos estudantes em 27 de março de 2013: “*Bora galera, observar o céu, hoje está melhor que ontem... consigo ver júpiter, aldebaran, canopus e as três marias.... kkk muito maneiro...*”. Desta forma os resultados obtidos auxiliaram na elaboração e definição do material potencialmente significativo utilizado na sequência, que, como foi dito acima, sofreria mudanças à medida que as aulas avançassem adequando-se às necessidades dos alunos.

3.2.2. Aulas expositivas com utilização do projetor de multimídia e ferramentas complementares

As aulas expositivas tiveram início com a exibição de um documentário sobre o planeta Júpiter (HISTORY CHANNEL, acesso em 01 fev. 2013), pois, na ocasião, este planeta se encontrava bem visível a olho nu, o que facilitou sua observação, servindo de motivador para a sequência de atividades que viriam e aplicação do material potencialmente significativo, introduzindo os alunos à história da Astronomia, seus primórdios, enfatizando a construção do conhecimento a partir das primeiras observações, a utilização do céu como o primeiro “laboratório” no qual se fizeram observações sistemáticas, se identificaram ciclos astronômicos que permitiram às civilizações da Antiguidade prever as mudanças climáticas de acordo com as estações do ano, fazendo previsões a fim de garantir sua subsistência. Os modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico também foram abordados nas aulas expositivas. Como referências básicas nestas aulas foram utilizados os textos “História da Astronomia”, “Astronomia Indígena Brasileira” e “Movimento Retrógrado dos Planetas: da Visão Ptolemaica à Visão Copernicana”, apresentados nas seções A.8, A.9 e A.10 do apêndice, respectivamente, que foram publicados no *Facebook* (BARROS, 2013).

No decurso das aulas os alunos faziam intervenções de acordo com dúvidas relacionadas aos conhecimentos prévios que tinham sobre o assunto. Então acontecia um longo debate acerca daquilo que estava sendo exposto, uma maneira pela qual os alunos participaram efetivamente das aulas e que se encerrava com a intervenção do professor-pesquisador, não com a palavra final, mas aguçando os alunos para que, ao longo das aulas e atividades que viriam, a interatividade tivesse seu espaço.

Durante a aula expositiva os alunos lembravam postagens publicadas no *Facebook* como por exemplo a do estudante E31, que faz o seguinte comentário sobre as aulas:

“[...] as aulas de física estão muito legais, estou aprendendo muito, já olho para céu de forma diferente sempre buscando ver constelações e alguns desenhos e também me divertindo, quem diria que um dia eu poderia dizer que uma das minhas matérias favoritas é física valeu prof: Marconi está fazendo um ótimo trabalho com a galera [...]”;

Ratificando o comentário acima, o estudante E11 coloca também sua opinião:

“[...] concordo, apesar de gostar de física sempre. Porém esse ano as coisas andam bem diferentes mesmo, os alunos andam mais interessados, e se tudo ocorrer bem as notas subirão em física.. Super valeu mesmo professor Marconi.”

Estes relatos serviram de motivação para que outros alunos também participassem das aulas, seja através de perguntas ou opinando no formato da própria metodologia de ensino utilizada pelo professor durante a exposição do material potencialmente significativo. As contribuições postadas no *Facebook* citadas acima e outras não relatadas aqui, fomentaram discussões em sala de aula que tornaram as atividades muito mais dinâmicas e com a participação de muito mais alunos.

Para que os alunos tivessem visualizações sem o auxílio da Lua, ou tendo-a como referência, o professor-pesquisador introduziu o software gratuito *Stellarium*, (STELLARIUM.ORG, acesso em 24 jan. 2013), um software livre de astronomia para visualização do céu, nos moldes de um planetário, permitindo ao usuário acesso off-line, sem estar conectado com a internet. Para tanto, foi confeccionada uma apostila de comandos iniciais para que os alunos fizessem uso do programa de maneira rápida e simples, disponibilizada no *Facebook* e apresentada na seção A.7 do Apêndice. O professor-pesquisador fez várias demonstrações do software em sala de aula,

inclusive mostrando o céu dos dias em que foram realizadas as observações pelos alunos como atividade inicial, pois o software possui janelas de visualizações passadas e futuras, oportunizando um *feedback*, ou, em palavras de Ausubel, proporcionando uma “reconciliação integradora” de conceitos que antes estavam subsumidos de forma estanque – as “estrelas” visíveis no céu a olho nu e o conceito de planeta veiculado nos livros didáticos e que, após a atividade, adquirem novo significado, maior abrangência e diferenciação.

Através da página de grupo criada na rede social *Facebook* (BARROS, 2013), o professor-pesquisador pode disponibilizar o software *Stellarium* para os alunos, onde todos puderam ter acesso ao programa e realizar observações mais precisas, sabendo o quê e quando observar. A partir deste ponto as aulas desenvolveram-se com o apoio destas duas ferramentas (*Facebook* e *Stellarium*).

3.2.3. Visita monitorada ao Planetário de Vitória e aula de campo

A visita monitorada ao Planetário de Vitória teve como proposta subsidiar a sequência didática dentro da perspectiva de espaços não-formais de educação como lócus natural de divulgação e promoção da ciência e da tecnologia (GODINHO & FERRACIOLI, 2006), apresentando aos alunos uma sessão especial de Astronomia abordando a temática da sequência didática, e que teve o mesmo título que ela: “Os Movimentos dos Planetas e os Modelos de Universo”, ministrada por um dos monitores do planetário, com duração de duas horas.

Durante a seção o monitor também utilizou o software *Stellarium* para apresentá-la, interagindo com os alunos através de perguntas, tirando dúvidas e permitindo a interferência do professor-pesquisador. A sessão foi dividida em dois momentos: reconhecimento do céu e movimento dos planetas:

- Reconhecimento do céu: no primeiro momento foram apresentadas aos alunos as estrelas visíveis a olho nu na mesma época em que os alunos fizeram as primeiras atividades de observação do céu, mostrando as constelações do Cruzeiro do Sul, do Órion e da Virgem, além das fases da Lua e o planeta Júpiter.
- Movimento dos planetas: no segundo momento, os alunos já familiarizados com o ambiente do planetário e ao monitor, o mesmo reiniciou o *Stellarium*

apresentando o nosso sistema solar, nos localizando na Terra. A intenção neste momento foi de verificar o movimento retrógrado dos planetas vistos da Terra e o movimento diário e mensal da Lua. Os alunos se surpreenderam ao perceber que, quando mudamos a nossa posição na superfície da Terra, p. ex., em vez de observar a Lua de Vitória, ES, observando-a de um dos pólos, o movimento observado da Lua com relação ao fundo das estrelas também muda, e como alguns planetas são mais rápidos, e outros mais lentos, em seu movimento de translação, ocasionando as ultrapassagens que produzem o movimento retrógrado dos planetas, quando observados da Terra.

Ao final da sessão o monitor lançou perguntas para os alunos sobre a sessão apresentada, se algum aluno já havia visto o céu desta forma ou que tivessem imaginado que seria daquela forma que foi exposto. Todos foram unânimes: “*não*”.

Respostas como: “*isto é espetacular*”, “*quero fazer física agora*”, “*que bom que viemos aqui*”, surgiram de imediato, o desejo de conhecer mais ficou expressivo no olhar de cada um.

No retorno à sala de aula foi solicitado aos alunos que fizessem novas observações do céu com base na sessão apresentada no planetário, tendo como referência, as estrelas mais brilhantes (verificando desta forma se a visita ao planetário contribuiu para que houvesse uma aprendizagem significativa, pois o que se pretendia era tornar o conhecimento acessível a todos, com a finalidade de ensino).

A sequência didática prosseguiu com uma aula de campo, na qual o professor pesquisador realizou com os alunos uma observação do céu noturno utilizando um telescópio para a visualização da Lua e do planeta Júpiter, juntamente com suas luas Calisto, Io, Europa e Ganímedes.

Esta tarefa de observação serviu de ponte entre teoria e prática, o que os alunos observam a olho nu e o que podemos enxergar com o uso de um telescópio, mostrando aos alunos que o estudo da Astronomia pode ser realizado não somente em grandes centros de tecnologia, mas também, de maneira bem atraente no imenso laboratório natural e acessível a todos que é o céu. O processo de reconciliação integrativa entre conceitos inicialmente dissociados, como o do céu visível a olho nu,

o que nele aparece e o de planeta e de Universo de que tratam os livros didáticos, também foi fortemente estimulado por essas atividades.

A atividade teve duração de duas horas, durante as quais os alunos fizeram perguntas sobre Júpiter e suas luas e a nossa Lua, e também foram questionados pelo professor-pesquisador acerca da forma com que Galileu fez suas observações com o telescópio, concluindo que o planeta Júpiter possui luas (aqui o professor pesquisador retomou as questões debatidas em sala de aula sobre os modelos de universo, contrapondo as observações do céu no passado com as que são realizadas atualmente, promovendo a reconciliação integradora).

No dia seguinte à observação noturna, realizou-se debate sobre o uso do telescópio para a visualização de estrelas e de como os antigos conseguiram visualizá-las sem este instrumento. Este artifício pedagógico foi utilizado com a finalidade de resgatar as aulas ministradas sobre modelos de universo, executando desta forma o processo da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora, fortalecendo a ocorrência da aprendizagem significativa.

3.2.4. Atividade prática: Movimentos dos Planetas

Para finalizar a sequência didática, foi proposto aos alunos a realização de uma atividade prática de simulação dos movimentos dos planetas de acordo com os modelos geocêntrico de Ptolomeu e heliocêntrico de Copérnico usando o próprio corpo dos estudantes, numa representação teatral, de maneira semelhante à indicada por Lebofsky et al. (2013). A Figura 3.1, abaixo, mostra a maneira como foi realizada a marcação no chão considerando, aproximadamente, a distância que cada planeta percorre em sua órbita em duas semanas. As distâncias dos planetas ao Sol foram representadas numa escala reduzida, mas real, de 1:100.000.000.000 (um para cem bilhões, escala na qual, p. ex., o raio real da órbita da Terra, que é de cerca de 150 milhões de km, é representado por uma distância de 1,5 m, ou seja um centésimo de bilionésimo de seu tamanho real), respeitando os tamanhos relativos das órbitas. As órbitas dos planetas e as distâncias em relação ao Sol foram feitas de acordo com figura 2, onde podemos ler:

Mercúrio – 58 cm em relação ao Sol e 6 marcações ao redor da órbita;

Vênus – 108 cm em relação ao Sol e 16 marcações ao redor da órbita;

Terra - 150 cm em relação ao Sol e 26 marcações ao redor da órbita;
 Marte - 228 cm em relação ao Sol e 50 marcações ao redor da órbita.

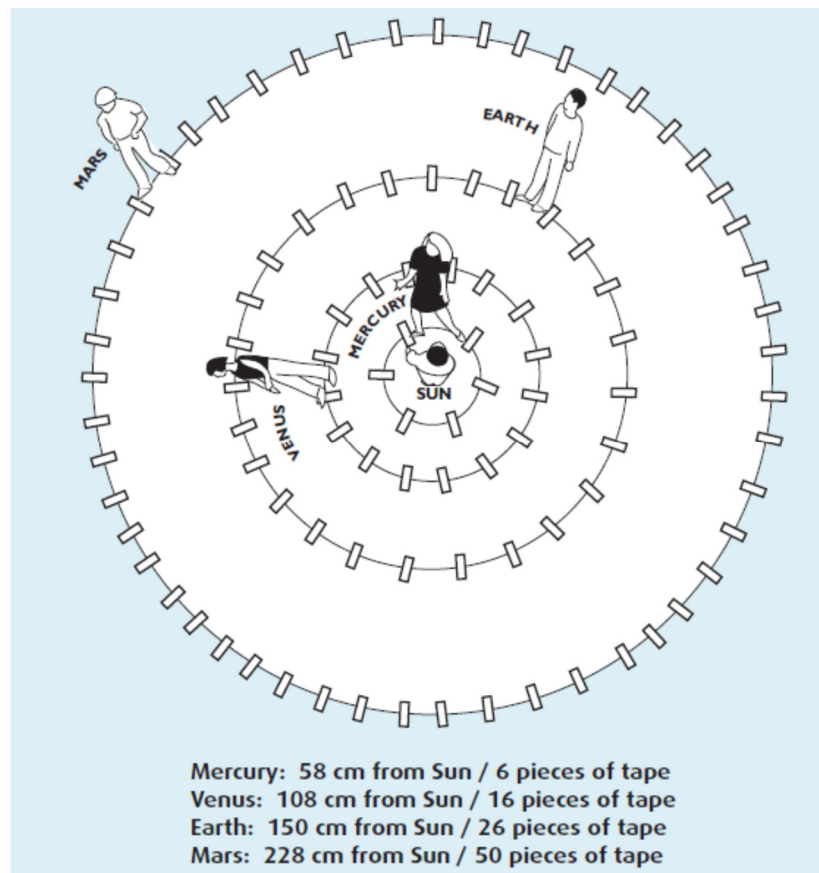


Figura 3.1: Atividade de representação dos movimentos planetários usando o próprio corpo (KEPLER.NASA, acesso em 20 fev. 2013).

Os objetivos, a metodologia e a forma como o professor pesquisador avaliou a atividade e os materiais utilizados são descritas a seguir.

3.2.4.1. Objetivo geral da Atividade

Simular os movimentos dos planetas de acordo com os modelos geocêntrico e heliocêntrico por meio do uso do próprio corpo dos estudantes, que representarão o Sol, os planetas e as constelações do zodíaco, de modo que eles visualizem e vivenciem a ocorrência destes movimentos, especialmente dos movimentos retrógrados, em ambos os modelos, visando promover uma compreensão dos mesmos.

Obs.: a atividade servirá tanto para promover a aprendizagem, como para testar e avaliar se ela ocorreu de maneira significativa, tendo em vista que o tema do movimento planetário já vinha sendo trabalhado em atividades anteriores da sequência didática.

3.2.4.2. Objetivos específicos da Atividade

- Verificar a aprendizagem da explicação do movimento retrógrado dos planetas a partir do modelo geocêntrico de Ptolomeu e do modelo heliocêntrico de Copérnico;
- Identificar os movimentos relativos dos planetas entre si e com relação às estrelas “fixas”;
- Desenvolver a capacidade de observação a partir dos referenciais Terra e Sol, percebendo as diferenças entre os movimentos observados em cada um deles;
- Destacar a importância dos referenciais usados no estudo e descrição de qualquer movimento.
- Demonstrar a escala real de distâncias ao Sol dos 4 planetas mais próximos (sugestão: preparar uma corda com nós (marcações) nas distâncias certas em que devem ficar os planetas na escala adotada (que é de um centésimo de bilionésimo da escala real));
- Ensinar que quanto mais próximo ao Sol, mais rápido é o movimento do planeta (Mercúrio vence a corrida!...), mostrando que, cinematicamente, isso acontece tanto porque a velocidade dos planetas mais próximos é maior (a distância percorrida a cada duas semanas – espaçamento no qual são marcadas as posições dos planetas no chão – é maior para os mais próximos), como pelo fato de a circunferência da órbita

dos mais próximos ser menor, e que, dinamicamente, isso ocorre porque a força de atração gravitacional depende inversamente da distância: quanto mais próximo ao Sol, maior a força, o que acaba produzindo uma aceleração e velocidade maiores no movimento, praticamente circular, do planeta em torno do Sol, quanto mais próximo ele estiver do astro rei;

- Mostrar que a duração do ano de cada planeta (tempo gasto para completar uma volta em torno do Sol) é diferente, sendo menor para os mais próximos (em semanas, aproximadamente, basta multiplicar o número de marcas usado na órbita de cada planeta por dois).

3.2.4.3. Metodologia da Atividade

Inicialmente, o professor retomou a aula ministrada sobre os modelos geocêntrico de Ptolomeu e heliocêntrico de Copérnico. Os alunos representaram os modelos de universo utilizando o próprio corpo, numa espécie de teatro, em que todos desempenharam o papel de um personagem/astro.

Para representar o modelo geocêntrico, os alunos foram divididos em grupos de 3: um representando a Terra, outro o centro do epíciclo e outro o planeta, sendo dada uma corda/barbante para o planeta segurar e servir de raio do epíciclo. Depois eles trocaram de papéis e todos os 3 fizeram o papel de Terra. Os restantes dos alunos representaram as “estrelas fixas”, de acordo com a Figura 3.2 que segue abaixo.

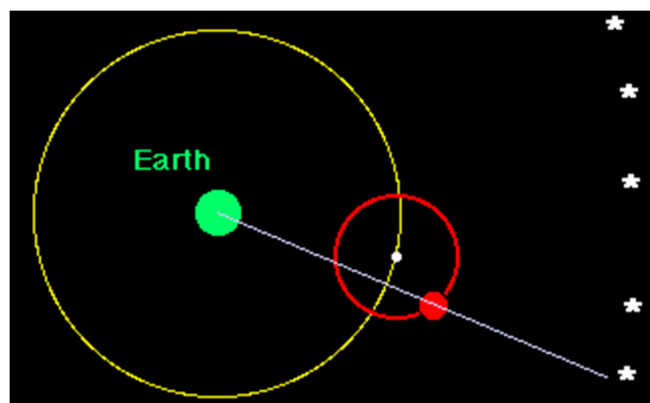


Figura 3.2: Representação do modelo geocêntrico. Fonte: Departamento Física e Astronomia da Universidade de Tennessee, <<http://csep10.phys.utk.edu/astr161/>>, acesso em 20 fev. 2013.

A simulação do modelo de Ptolomeu foi feita de maneira essencialmente qualitativa, sem a preocupação de representar as distâncias entre os astros numa escala próxima do real, tendo como foco mostrar que, por meio deste modelo, também é possível

explicar a ocorrência do movimento retrógrado. O planeta escolhido pelos próprios alunos para essa representação foi Marte, sendo que a representação se restringiu a Terra como centro do Universo e a outro planeta, no nosso caso, Marte, situação na qual já é possível observar o movimento retrógrado.

Para a modelagem do sistema heliocêntrico de Copérnico foi exigido mais rigor, conforme descrito no artigo anteriormente citado (Lebofsky et al., 2013), tendo sido representados o Sol e os quatro planetas “terrestres”: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte.

As distâncias correspondem a um centésimo bilionésimo das distâncias reais, enquanto a quantidade de marcações em cada órbita corresponde, aproximadamente, ao período de cada planeta em sua órbita dividido pelo tempo de duas semanas (14 dias), de maneira a garantir que, se todos os personagens/planetas derem passos, indo de uma marca até a seguinte, ao mesmo tempo, eles completarão suas respectivas revoluções na proporção correta existente entre os períodos dos planetas.

Foi solicitado aos alunos que fizessem as marcações nas órbitas utilizando seus próprios corpos, formando uma roda, situando-se de maneira equidistante em cada órbita e então fazendo uma marcação com giz exatamente no centro da posição em que se encontravam. No caso, por exemplo, de Mercúrio foram utilizados 6 alunos, que ficaram equidistantes sobre a órbita deste planeta e fizeram as marcações, no caso de Vênus, foram necessários 16 estudantes, e assim por diante. O procedimento foi feito com cada planeta. Desta forma foram efetuadas as marcações correspondentes aos deslocamentos dos planetas a cada 2 semanas.

Em seguida cinco alunos foram escolhidos para ocupar as órbitas de cada um dos quatro planetas representados e o Sol, o restante dos componentes do grupo desenvolveu o papel de estrelas “fixas”, dispondo-se em roda em torno do Sol e dos planetas, a uma distância maior. O movimento retrógrado se dá em relação às estrelas “fixas”, logo aqueles componentes tiveram função primordial.

A simulação dos movimentos dos planetas num sistema heliocêntrico se iniciou com todos os planetas alinhados, como se fossem iniciar uma corrida, onde foram lançados os seguintes questionamentos:

- Quem vencerá a corrida?

- Enquanto a Terra dá uma volta (completa um ano) quantas voltas os outros planetas dão (quantos “anos” de cada planeta se passaram, associando o conceito de “ano” com a ideia de volta completa em torno do Sol, aplicável a qualquer planeta)?
- O movimento dos planetas foi sempre no mesmo sentido com relação às estrelas de fundo? Como foi para você, Sol? Como foi para você, Mercúrio? Como foi para você, Terra?

Todos os alunos participaram fazendo um rodízio entre os personagens.

3.2.4.4. Avaliação da Atividade

Diferentemente do artigo, no nosso caso, em que o assunto já vinha sendo trabalhado, foi interessante usar a própria atividade como avaliação, questionando e buscando dar uma boa dose de autonomia aos estudantes para que eles próprios propusessem parte dos procedimentos para construir e rodar os modelos e as observações que devem ser feitas ao rodá-los, para comprovar que os modelos, de fato, conseguem reproduzir o que era esperado, e que já tinha sido estudado, como produzir os movimentos retrógrados. Contudo, de qualquer forma, além de permitir uma avaliação, sem dúvida acreditamos que a atividade contribuiu muito para uma aprendizagem acerca dos modelos, fazendo isso parte de seus objetivos.

3.3. Coleta de dados e avaliação da aprendizagem

Ao longo das aulas foi produzido um diário de bordo com intuito de acompanhar o desenvolvimento das atividades propostas e fazer modificações, se necessárias, a sequência didática proposta, deste modo o material potencialmente significativo não foi algo fechado como um livro didático, mas era passivo de modificações, ou seja, buscou-se saber o que o aluno sabia sobre o assunto para que a partir daí as aulas se desenvolvessem.

Para nós o diário de bordo serviu de livro de registro, constando dia e o mês de cada atividade realizada da sequência didática, incluindo também as turmas trabalhadas em cada dia, tornando desta forma uma das bases para a escrita deste trabalho.

O acompanhamento das aulas também aconteceu de forma semipresencial através da rede social *Facebook*, onde criamos uma página para que os alunos tivessem

acesso a informações, curiosidades e novidades sobre Astronomia e que também fomentasse a interatividade das aulas presenciais, com postagens diárias de material didático. Desta maneira o *Facebook* tornou-se um mediador entre o professor pesquisador, que pode acompanhar melhor seus alunos aumentando o tempo das aulas e trazendo para eles algo que pudessem se comunicar sem estarem na sala de aula. Como foi o caso da aula de observação do céu a olho nu, um dos estudantes publicou uma foto que havia tirado (Figura 3.3) enquanto observava Júpiter, e comentou: “Olha aí professor as fotos que tirei, seguindo o que o senhor falou parece ser Júpiter, não cintila”.



Figura 3.3: Foto de Júpiter (retirada da página *Facebook* (BARROS, 2013))

Ao final da sequência didática foi aplicado o terceiro questionário, com exatamente as mesmas questões do segundo (questionário B), ao qual também nos referiremos como Bd (“B depois”), tendo em vista que sua aplicação foi feita depois da realização da sequência, e elaborado um segundo mapa conceitual pelos alunos, a fim de buscar verificar se a sequência realmente promoveu uma aprendizagem significativa, ou se apenas uma aprendizagem mecânica. Dentro da perspectiva ausubeliana, para que se tenha uma aprendizagem significativa, o significado recentemente adquirido deve torna-se uma parte integral de um sistema ideacional particular (AUSUBEL et al., 1980, p. 121), sendo assim o professor-pesquisador também utilizou um quarto questionário C que foi aplicado um mês após serem encerradas as atividades da sequência didática, para buscar verificar se ocorreu a obliteração (esquecimento

cognitivo), que corresponde a uma das fases da aprendizagem significativa. Conforme Ausubel (2003, p. 134) explica:

Durante o intervalo de retenção, os significados recentemente emergentes permanecem funcionalmente ligados às ideias ancoradas, mas são ainda dissociáveis das mesmas; ao passo que, numa fase posterior do intervalo de retenção, a força de dissociabilidade dos significados recentemente apreendidos desce abaixo dos limiares críticos da recordação e do reconhecimento. Quando isto acontece, estes significados deixam de estar disponíveis para o aprendiz, como entidades identificáveis em separado; devido à subsunção obliterante, ocorreu o esquecimento. As mesmas variáveis que influenciam, em primeiro lugar, a aprendizagem significativa continuam, assim, a influenciar, posteriormente, a retenção e o esquecimento da mesma forma, já para não falar de outras variáveis, tais como a motivação, a repressão e a hipnose, que influenciam a retenção afetando o limiar de disponibilidade (sem influenciarem, de alguma forma, a força de dissociabilidade de ideias retidas na estrutura cognitiva).

Ressaltamos que os questionários de levantamento de conceitos iniciais e finais e as atividades com mapas conceituais devem ser encarados como parte integrante da sequência didática, permitindo uma avaliação da aprendizagem ocorrida em função dela e fornecendo subsídios para seu aperfeiçoamento.

3.3.1 A ANÁLISE DE CONTEÚDO

Na busca por uma interpretação mais pormenorizada e segura das questões abertas propostas nos questionários utilizados neste trabalho de investigação, decidimos por utilizar a técnica da análise de conteúdo, definida por Bardin (2006), como sendo:

[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. [...] A intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção (ou eventualmente, de recepção), inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não). (BARDIN 2006, p. 38).

Tais técnicas, Bardin (2006) organiza em três fases: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Diante do exposto, percebe-se que a análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise de

comunicações que têm como objetivo ultrapassar as incertezas e enriquecer a leitura dos dados coletados.

Na primeira fase é estabelecido um esquema de trabalho que deve ser preciso, com procedimentos bem definidos, embora flexíveis. A segunda fase consiste no cumprimento das decisões tomadas anteriormente, e finalmente na terceira etapa, o pesquisador, apoiado nos resultados brutos, procura torná-los significativos e válidos.

O método da análise de conteúdo aparece para nós como uma ferramenta para a compreensão da construção de significado que os alunos exteriorizam no discurso das questões propostas, o que nos permitiu o entendimento das representações que os aprendizes apresentaram em relação às suas concepções iniciais e a interpretação que fizeram dos significados da matéria de ensino.

O primeiro passo para a análise do conteúdo de uma comunicação consiste em estar de posse dos dados, que poderão ser coletados a partir de entrevistas semiestruturadas, questões abertas dos questionários (nosso caso) ou outras ferramentas que o pesquisador julgue adequadas. De posse dos dados o pesquisador parte para a análise e interpretação das informações colhidas para, em seguida, chegar à etapa da conclusão.

Trivinos (1987) explica a importância do método na pesquisa qualitativa como um conjunto de técnicas. Desse modo, não é possível fazermos a inferência se não dominarmos os conceitos básicos das teorias que estariam alimentando o conteúdo das mensagens. Outro aspecto relevante é o da inferência, que pode partir das informações fornecidas pelo conteúdo das mensagens, ou das premissas que se levantam como resultado do estudo dos dados que se apresentam à comunicação. Trivinos (1987) também explica as três etapas assinaladas por Bardin (2006), como sendo básicas nos trabalhos com a análise de conteúdo.

A pré-análise: a organização do material, quer dizer de todos os materiais que serão utilizados para a coleta dos dados, assim como também como outros materiais que podem ajudar a entender melhor o fenômeno e fixar o que o autor define como corpus da investigação, que seria a especificação do campo que o pesquisador deve centrar a atenção.

A descrição analítica: nesta etapa o material reunido que constitui o corpus da pesquisa é mais bem aprofundado, sendo orientado em princípio pelas hipóteses e pelo referencial teórico, surgindo desta análise quadros de referências, buscando sínteses coincidentes e divergentes de ideias.

Interpretação referencial (exploração do material e tratamento dos resultados): é a fase de análise propriamente dita. A reflexão, a intuição, com embasamento em materiais empíricos, estabelece relações com a realidade aprofundando as conexões das ideias, chegando se possível à proposta básica de transformações nos limites das estruturas específicas e gerais.

De acordo com Trivinos (1987) deve ocorrer interação dos materiais, não devendo o pesquisador restringir sua análise ao conteúdo manifesto dos documentos. Deve-se ainda, tentar aprofundar a análise e desvendar o conteúdo latente, revelando ideologias e tendências das características dos fenômenos sociais que se analisam, ao contrário do conteúdo manifesto que é dinâmico, estrutural e histórico.

O princípio da análise de conteúdo é definido na demonstração da estrutura e dos elementos desse conteúdo para esclarecer diferentes características e extrair sua significação, logo não obedece a etapas rígidas, mas sim a uma reconstrução simultânea com as percepções do pesquisador com vias possíveis nem sempre claramente balizadas, como defende Bardin (2006):

As técnicas de análise de conteúdo adequada ao domínio e ao objetivo pretendidos, tem que ser reinventada a cada momento, exceto para uso simples e generalizados, como é o caso do escrutínio próximo da decodificação e de respostas a perguntas abertas de questionários cujo conteúdo é avaliado rapidamente por temas. (BARDIN, 2006).

É de extrema importância o conhecimento por parte do pesquisador da realidade estudada e uma sensibilidade para captar detalhes dos quais estão carregados os conceitos que exteriorizam. Os pesquisadores têm se utilizado desta ferramenta para aprofundar o conhecimento científico das ciências.

4. RESULTADOS

Com os questionários aplicados e os mapas conceituais elaborados pelos alunos, foi possível obter dados acerca de seus conhecimentos prévios sobre Astronomia, bem como contrapô-los com os possíveis novos conceitos subsumidos à estrutura cognitiva durante a aplicação do material potencialmente significativo na sequência didática. Na presente seção apresentamos os resultados obtidos a partir da análise desses dados com relação à aprendizagem ensejada pela realização da sequência, buscando inferir se a mesma foi, ou não, significativa, e em que aspectos. De fato, a questão central de nossa pesquisa consistiu em investigar se a sequência aplicada foi, ou não, eficaz na promoção de uma aprendizagem significativa com relação aos temas e conceitos centrais trabalhados, relativos aos movimentos dos planetas e os modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico; se houve maior diferenciação de conceitos, estabelecimento de relações e atribuição de significados referentes ao campo conceitual da Astronomia na estrutura cognitiva dos estudantes.

Ao apresentarmos essa análise utilizaremos como códigos:

- A: primeiro questionário, antes das atividades;
- Ba: segundo questionário, antes das atividades (“B antes”);
- Bd: terceiro questionário, idêntico ao segundo, mas aplicado logo após as atividades (“B depois”);
- C: quarto questionário, aplicado um mês depois de concluídas as atividades;
- E: estudante.

Os questionários A, B e C são apresentados nas seções A.4, A.5 e A.12 do Apêndice. Ao nos referirmos a uma questão específica de um dado questionário, para identificá-la acrescentaremos o número da questão à(s) letra(s) que designa(m) o questionário. Assim, p. ex., se nos referirmos à questão 3 do questionário Bd, a designaremos por Bd3, se nos referirmos à questão 7 do questionário C, a denominaremos C7, e assim por diante. Da mesma forma, quando nos referimos a um estudante, para identificá-lo acrescentaremos um número à letra E. Assim, p. ex., ao nos referirmos ao aluno 3, o designaremos por E3, e assim por diante. Toda a análise de dados coletados por meio das respostas a questionários, prévios ou posteriores à realização das atividades, ou por meio dos mapas conceituais será feita nos restringindo ao grupo de 33 alunos que

participaram de todas as etapas da sequência didática, os quais constituíram a amostra que analisamos.

Na presente dissertação, centraremos nossa análise referente aos questionários nos pontos que foram os focos principais de nosso trabalho durante a sequência, a saber: a observação e os movimentos dos astros no céu noturno, especialmente no que se refere aos planetas, e os modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico. Utilizando esse recorte, analisaremos, nas subseções a seguir, as respostas dos estudantes às questões que se referem mais diretamente a estes pontos. Outros dados foram colhidos por meio dos questionários, como, por exemplo, acerca das concepções dos estudantes sobre os tamanhos e distâncias relativas dos astros, os quais também serão, posteriormente, analisados e seus resultados apresentados em artigos e/ou eventos da área da Educação em Ciência.

Após a apresentação de resultados obtidos mediante análise dos questionários com relação aos temas centrais do trabalho, apresentaremos os resultados da análise que fizemos dos mapas conceituais construídos pelos estudantes no início e ao final da sequência, os quais constituem uma ferramenta que permite inferir acerca do tipo de aprendizagem promovida pela sequência e a evolução ocorrida na estrutura cognitiva dos estudantes com relação ao campo conceitual da Astronomia.

4.1. Análise das respostas aos questionários

4.1.1. Questões sobre observação e reconhecimento dos astros e seus movimentos no céu

4.1.1.1 O que é possível ver no céu? (questões A1 e C1)

A pergunta igualmente formulada nestas questões foi:

O que é possível ver no céu quando olhamos para ele numa noite sem nuvens?

Os objetos mais citados nas respostas, tanto ao questionário inicial A, quanto ao C foram: estrelas, Lua, planetas e constelações, conforme se pode verificar no Gráfico 4.1, onde apresentamos a frequência percentual de cada um destes objetos nas respostas dos 33 alunos.

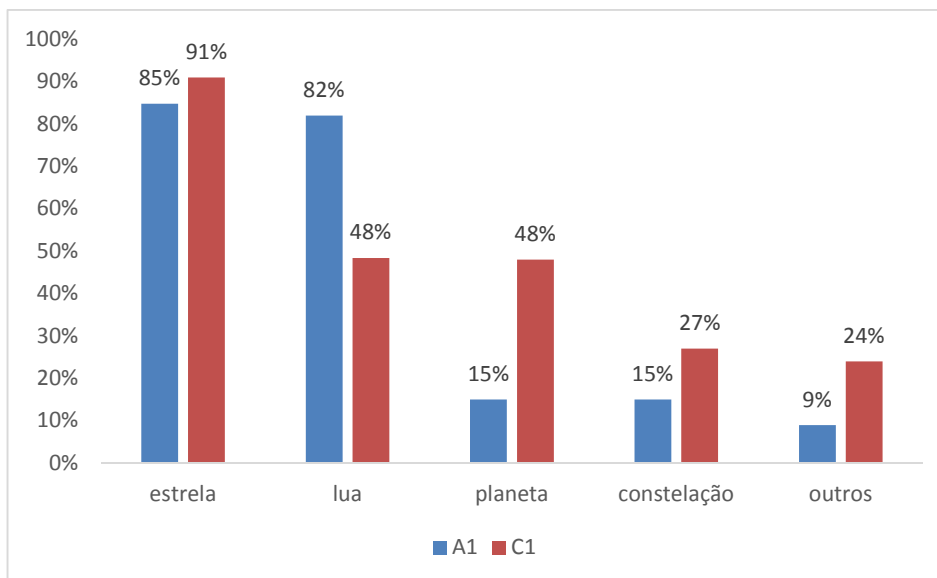


Gráfico 4.1 - Frequência percentual da citação dos objetos: estrela, Lua, planeta e constelação nas respostas à mesma questão 1 dos questionários A e C.

Podemos notar, através dos dados, que houve um aumento significativo dos alunos que veem planetas, constelações e outros objetos astronômicos (galáxias, a borda da nossa galáxia, cometas e meteoros, foram algumas das respostas classificadas na categoria “outros”). Nota-se uma nítida mudança na concepção dos estudantes com relação ao que pode ser visto a olho nu no céu noturno – ele se tornou muito mais rico e povoado por diferentes tipos de objetos visíveis a olho nu. Embora apenas cerca de metade dos alunos (48%) se refira à possibilidade de visualização de planetas a olho nu após a realização da sequência – o que talvez possa ser interpretado como indicativo de que a participação de boa parte da turma nas atividades de observação do céu ainda deixou a desejar, já que a visibilidade de planetas (especialmente a de Júpiter) foi um dos principais pontos trabalhados nestas práticas –, antes dela apenas 15% a mencionavam. Além disso, a análise que virá a seguir, das respostas às questões A7 e C2, em que é explicitamente perguntado se é possível observar planetas a olho nu, a grande maioria dos estudantes, após a sequência, responde afirmativamente, demonstrando ter aprendido sobre este fato com as atividades desenvolvidas. Antes da sequência, apenas 5 alunos responderam afirmativamente a essa questão.

Entretanto, também se percebe um resultado inesperado: houve um decréscimo nas referências à Lua após a sequência. Possivelmente esse resultado surpreendente deve-se à primeira das atividades de observação proposta dentro da sequência

didática, que tinha como objetivo identificar “estrelas” brilhantes próximas à Lua, usando-a como guia (seção A.6 do Apêndice). Posteriormente, foi pedido aos alunos que refizessem esta observação, agora com o auxílio do *software Stellarium*, o que talvez tenha feito com que ela (a Lua) se tornasse um objeto evidente e óbvio demais para ser citado, já que ela era apenas a guia, e o foco principal da atividade era o reconhecimento do planeta e das constelações que apareciam na mesma região do céu que a Lua.

Em síntese, com o início da sequência didática e das atividades de observação, a utilização do *software Stellarium*, a visita monitorada ao planetário e a observação do céu noturno com o telescópio, os resultados parecem indicar que os alunos adquiriram uma nova capacidade de interpretar aquilo que observam no céu noturno, que nem tudo é estrela, que também se observam planetas, que vários deles são visíveis a olho nu, bem como constelações e outros corpos celestes.

4.1.1.2 É possível ver planetas no céu a olho nu? (questões A7 e C2)

A pergunta igualmente formulada nestas questões foi:

Você acha que é possível ver algum planeta quando olhamos para o céu a olho nu?
 () Não () Sim. Qual(is)? _____

O Gráfico 4.2, a seguir, mostra a frequência de respostas “Sim” ou “Não” à pergunta e de citações explícitas de cada um dos cinco planetas que apareceram nas respostas dos que haviam respondido “Sim”: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, os quais, é interessante destacar, correspondem exatamente aos cinco planetas visíveis a olho nu, reconhecidos como tal – astros errantes, que se movimentam “entre” as estrelas – desde a Antiguidade.

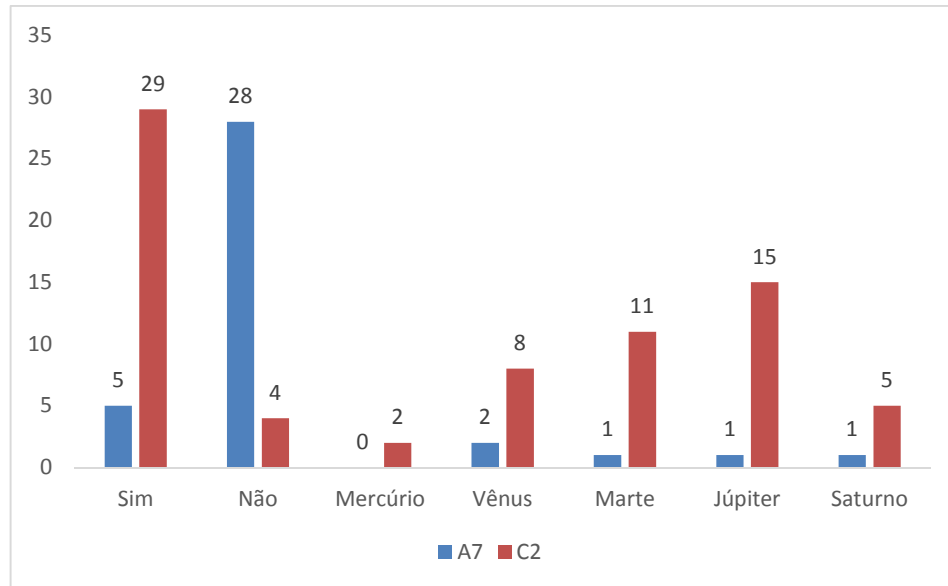


Gráfico 4.2: Frequência das respostas à mesma questão A7 e C2. À esquerda: frequência de respostas “Sim” e “Não” à pergunta sobre se é possível ver algum planeta a olho nu. À direita: frequência das respostas que citam um dado planeta específico.

Os dados mostram que, 15% dos alunos (apenas cinco) achavam possível ver planetas a olho nu antes de qualquer instrução, e, pós-instrução, este percentual sobe para 88%, (29 alunos) corroborando as respostas dadas à questão C1, onde, depois da realização das atividades da sequência, 48% dos alunos citam planetas como objetos visíveis no céu noturno, sendo que agora, frente a uma pergunta mais direta, depois da sequência, a grande maioria (apenas 4 responderam negativamente) demonstram saber que é possível observar planetas a olho nu. Como era de se esperar, dentre os planetas explicitamente citados, o mais frequente foi Júpiter, pois foi justamente ele o planeta identificado e observado nas atividades de observação do céu a olho nu e com telescópio.

4.1.1.3 Constelações: conceito e seu reconhecimento no céu (questões A2 e A3)

As perguntas formuladas nestas questões, presentes apenas no questionário inicial A, foram:

2. O que é uma constelação?

3. Você sabe identificar alguma constelação no céu?

() Não () Sim. Qual(is)? _____

A grande maioria (81%) das respostas dadas à questão 2 se resumiu à repetição do chavão de que uma constelação é “um conjunto” ou “agrupamento” de estrelas, que acha-se associado à ideia de que as estrelas de uma mesma constelação se encontram próximas e unidas numa mesma região do espaço, como fica explícito nas respostas dos estudantes E3 e E41, respectivamente: “*Um monte de estrelas juntas*” e “*É uma formação de estrelas que estão mais próximas umas das outras*”. Um percentual de 15% dos estudantes (5 estudantes) não responderam à questão e um apenas respondeu “*Estrelas*”. Nenhuma das respostas indicou qualquer associação das constelações com lendas ou mitologia dos povos antigos, tampouco com o conceito científico atual, que as considera como regiões bem delimitadas do céu.

Com relação à pergunta 3, dos 33 alunos questionados, apenas 36% responderam que sim, que sabem identificar alguma constelação no céu, representando um total de 12 discentes. O Gráfico 4.3 indica o percentual das “constelações” específicas citadas com relação ao total dos que responderam “Sim”. Percebe-se que a ocorrência maior de citações coube às “Três Marias”, num total de 83% dos alunos (10 dentre as 12 respostas “Sim”), este dado parece mostrar que, antes de qualquer instrução, a noção de constelação é fruto do senso comum, adquirido do conhecimento popular, pois “Três Marias” é o nome dado ao Cinturão do Órion cuja constelação é o Órion, que foi citada por apenas um estudante. Outro dado interessante revelado no Gráfico 4.3 é a citação da constelação da Ursa Maior, que só é bem visível no hemisfério norte, contudo um dos 12 alunos (8%) disse que identifica esta constelação, talvez por ter ouvido falar ou visto nas mídias em geral. Notamos ainda que apenas 3 alunos (25%) mencionaram a constelação do Cruzeiro do Sul, que é uma constelação marcante no céu do hemisfério sul.

Esses resultados parecem indicar que os estudantes, inicialmente, não possuíam qualquer noção acerca da origem e significado histórico das constelações ou sobre seu conceito moderno, além de pouquíssima familiaridade com seu reconhecimento no céu, uma vez que apenas 36% deles afirmaram serem capazes de reconhecer alguma constelação e, destes, apenas 5 estudantes citaram verdadeiras constelações (3 - Cruzeiro do Sul, 1 - Órion e 1 - Ursa Maior), enquanto que a maioria se referiu apenas às Três Marias, que é apenas uma parte da constelação do Órion, com base em conhecimentos de senso comum.

Esses resultados relativos ao conhecimento prévio dos alunos sobre as constelações foram importantes para o planejamento da sequência, indicando uma necessidade de se enfatizar sua importância histórica, seu reconhecimento e sua presença não só na cultura ocidental, como em outras culturas, como a dos índios brasileiros (AFONSO, 2009, 2013), bem como sua utilização como referências no céu, em relação às quais é possível registrar os movimentos dos planetas.

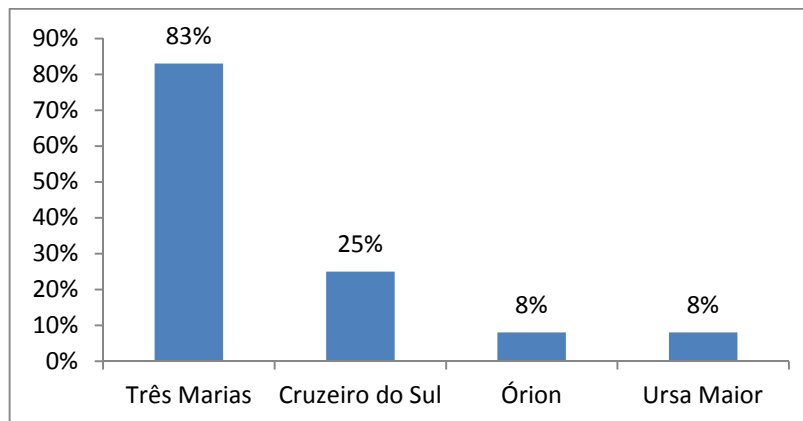


Gráfico 4.3: Percentual de citação de constelações específicas pelo grupo de 12 alunos que responderam saber identificar alguma constelação.

4.1.1.4 O movimento diário e anual das estrelas (questões A10 e C14, B1 e C3)

Os quatro itens iniciais da questão A10 que foram exatamente os mesmos da questão C14 eram itens que exigiam apenas respostas objetivas, em termos de verdadeiro (V) ou falso (F) e se referiam ao movimento diário e anual das estrelas com relação ao horizonte, conforme visto por um observador na superfície da Terra, no Espírito Santo. Os dois primeiros itens, na verdade, eram logicamente excludentes (se um fosse verdadeiro, o outro seria falso, e vice-versa), assim como o terceiro e o quarto, como podemos ver abaixo, onde a resposta correta (V ou F) é indicada:

10. Com relação às estrelas que podemos ver no céu a noite, podemos dizer que:

(F) Elas são sempre as mesmas, todas as noites e em qualquer horário.

(V) Elas são diferentes no início e no final da mesma noite.

(F) Se olharmos para o céu em noites diferentes, mas sempre no mesmo horário, veremos sempre as mesmas estrelas.

(V) *Se olharmos para o céu em noites diferentes, mas sempre no mesmo horário, veremos que o céu muda com o passar dos dias: algumas estrelas que estavam visíveis desaparecem e outras, que não eram visíveis, aparecem.*

A quantidade de respostas corretas (acertos) dos estudantes em cada um dos quatro itens (indicados por a, b, c, d, na ordem em que aparecem na questão), antes (A10) e depois (C14) de aplicação da sequência é mostrada no Gráfico 4.4.

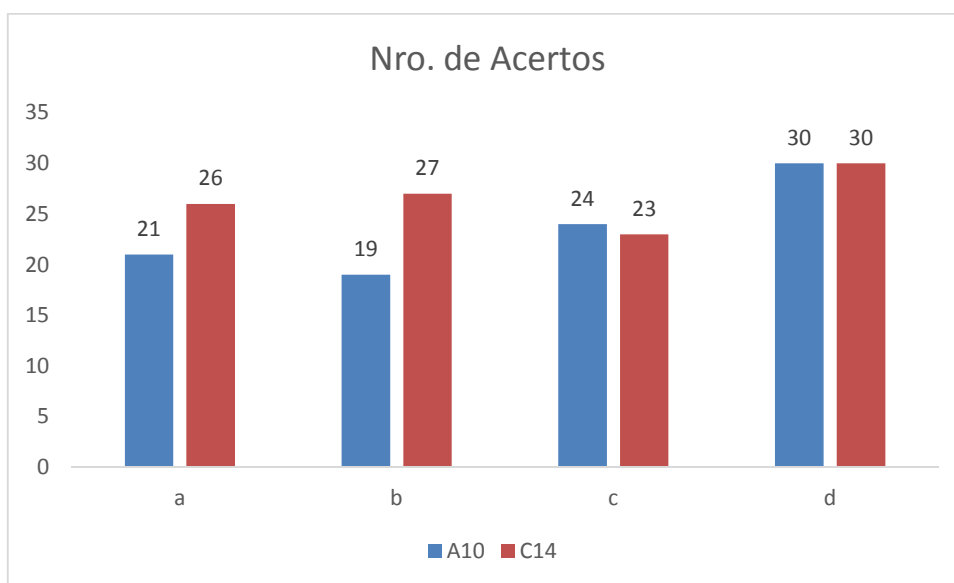


Gráfico 4.4: Quantidade de acertos aos mesmos quatro itens objetivos sobre mudança nas estrelas visíveis no céu com o passar das horas e dos dias antes (A10) e depois (C14) de realização da sequência. O total de estudantes respondentes era de 33.

É possível perceber que, mesmo antes de aplicação da sequência, a maioria dos estudantes já apresentava uma noção correta de que as estrelas visíveis no céu mudam com o passar das horas e também dos dias, sendo que, com a aplicação da sequência, houve um aumento nas noções corretas de que o céu muda a medida que as horas passam.

O tema, da mudança e movimento das estrelas com relação ao horizonte com o passar das horas foi retomado no questionário B, que foi aplicado tanto antes (Ba) quanto depois (Bd) da realização da sequência, e ainda no questionário C, aplicado um mês após a realização das últimas atividades didáticas da sequência, por meio das questões iguais Ba1, Bd1 e C3. Essa questão utilizava uma figura obtida por meio do *software Stellarium*, onde aparece uma estrela brilhante (maior) no centro da figura e outras menores, numa região do céu da zona rural do Espírito Santo, junto ao

horizonte leste, no início do verão, às oito horas da noite, reproduzida abaixo (Figura 4.1).



Figura 4.1: Figura que acompanha as questões B1 e C3.

Pergunta-se então se, com o passar das horas, a estrela maior se moverá ou não em relação ao horizonte, devendo ser respondido “Sim” ou “Não”.

O Gráfico 4.5 exibe o percentual dos alunos que acharam que a estrela se moveria em relação ao horizonte nas respostas a cada um dos questionários. Nota-se um aumento significativo dos alunos que responderam “Sim” após a realização da sequência (Bd1 e C3). Apenas 3%, referente a um único aluno dos 33 pesquisados, ainda não considerava o movimento das estrelas em relação ao horizonte após a sequência, persistindo neste mesmo percentual quando perguntado após um mês de aplicação das atividades. Este resultado indica que a sequência didática, com suas atividades de observação parece ter sido efetiva ao ensinar sobre o fato de as estrelas situadas a leste se movimentarem em relação ao horizonte.

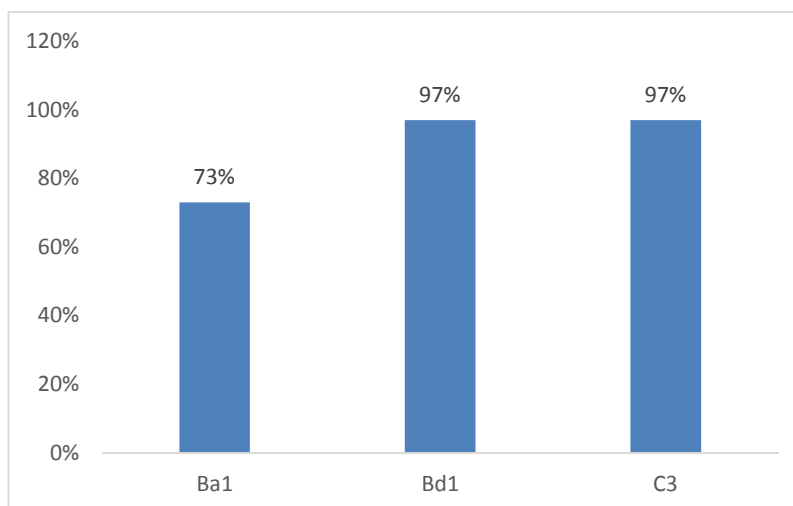


Gráfico 4.5: Alunos que acham que as estrelas se movem em relação ao horizonte

Ainda na mesma questão, item (a), foi solicitado aos alunos que também indicassem, por meio do desenho de setas na figura, em que direção se moveria a estrela central (maior). O mesmo também foi pedido nas estrelas periféricas (menores), no item (b).

A Quadro 4.1 denota as categorias de direções de movimento descritas pelos estudantes, onde utilizamos siglas para representá-las facilitando sua interpretação.

Categoria	Sigla
Direção Horizontal Esquerda	DHE
Direção Vertical P/Cima	DVC
Direção Vertical P/Baixo	DVB
Direção Diagonal Direita P/Cima	DDDC
Direção Diagonal Direita P/Baixo	DDDB
Direção Diagonal Esquerda P/Cima	DDEC
Direção Diagonal Esquerda P/Baixo	DDEB

Quadro 4.1: Categorias de direções/siglas.

O Gráfico 4.6 mostra as sete categorias de respostas citadas e o número de incidências de respostas dadas pelos estudantes que acham que a estrela brilhante (maior) se move em relação ao horizonte, antes das atividades (Ba1), pós-atividades (Bd1) e após um mês das atividades encerradas (C3). Observa-se, através dos dados, que nem todos os alunos que responderam que acham que a estrela se movimenta indicaram para onde é este movimento, sendo que, no caso do questionário Ba, respondido antes das atividades, o percentual dos que, tendo respondido que a estrela

se move, não indicaram para onde ela se move, chegou a 25%. Esse percentual diminuiu para 9% nas respostas pós-atividades e 14% nas respostas após um mês de encerradas as atividades. Possivelmente esses alunos, especialmente no caso das respostas ao questionário Ba, prévio à realização das atividades, não indicaram em que direção a estrela se move por insegurança com relação à resposta a ser dada, e não por mera preguiça, ou por não entenderem a pergunta.

Contudo os dados apontam para uma possível aprendizagem significativa por parte de uma parcela considerável do grupo de alunos (1/3 ou mais), pois o número de alunos que desenharam - Direção Diagonal Esquerda P/ Cima (DDEC) e Direção Vertical P/Cima (DVC), respostas que são consideradas as mais satisfatórias, aumenta consideravelmente pós-atividades e um mês depois de encerradas as atividades, respectivamente Bd1 e C3.

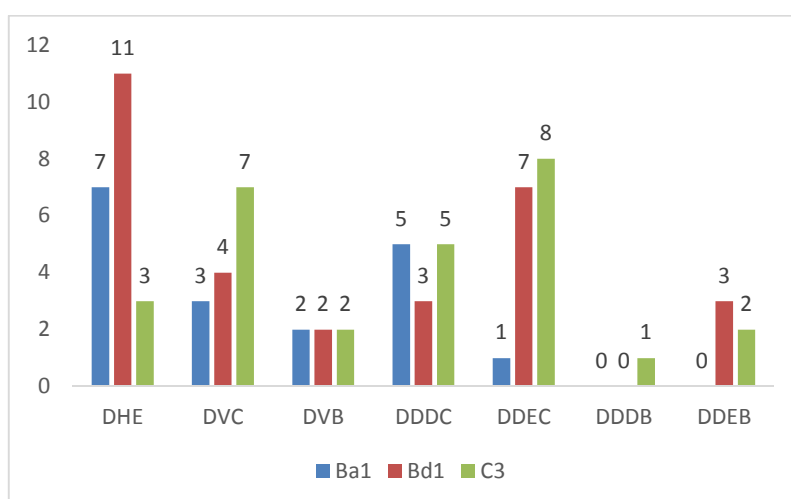


Gráfico 4.6: Direções de movimento da estrela brilhante central

O Gráfico 4.7 mostra as sete categorias de respostas citadas e o número de incidências de respostas dadas pelos estudantes que acham que as estrelas periféricas (menores) se movem em relação ao horizonte, antes das atividades (Ba1), pós-atividades (Bd1) e após um mês das atividades encerradas (C3). Observa-se que, analogamente ao item (a), nem todos os alunos que responderam que acham que as estrelas se movimentam indicaram para onde é este movimento, sendo que, destes estudantes, 20% pertencem àqueles que responderam antes das atividades propostas, 18,5% aos que responderam pós-atividades e 23% representam os que responderam após um mês de encerradas as atividades. Talvez estes alunos não

tenham indicado na figura a direção do movimento pelo mesmo motivo de falta de segurança na resposta a ser dada que aventamos no caso anterior.

Todavia os dados, referentes ao item (b), também dão indícios de uma aprendizagem significativa sobre o movimento diário das estrelas com relação ao horizonte por boa parte dos estudantes, considerando o aumento na frequência das respostas mais satisfatórias DDEC e DVC (gráfico 7).

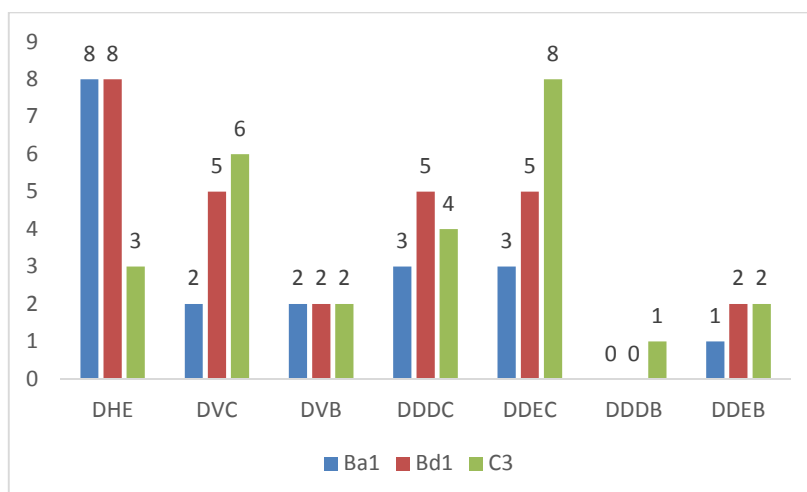


Gráfico 4.7: Direções de movimento das estrelas periféricas

A questão C3 traz um item a mais que as questões Ba1 e Bd1, item (c), nele pergunta-se o porquê de as estrelas fazerem tal movimento, desenhado pelos alunos na figura, com relação ao horizonte.

A Tabela 4.1 exibe a categorização que fizemos das respostas dos alunos. As categorias utilizadas vão desde uma em que as respostas coincidem ou estão muito próximas da interpretação científica, outras que parecem ser baseadas apenas no senso comum e uma categoria intermediária, na qual as respostas ainda não estão de acordo com a interpretação científica, mas já apresentam elementos/conceitos utilizados nesta interpretação.

Desta forma é possível verificar, na Tabela 4.1, que 9 estudantes não responderam à questão, no entanto dos 73% alunos que a responderam, 54% deram respostas satisfatórias, ou seja, respostas que coincidem ou estão muito próximas da interpretação científica, como as dadas pelos estudantes E1: “*Quem faz esse movimento é planeta Terra*”, E7: “*Pois a Terra se movimenta de certa forma que temos a impressão de que elas estão se movendo e não nós*”, e E15: “*Devido a rotação do*

planeta, fazendo com que elas tenham um movimento aparente". Respostas como estas confirmam os dados dos itens (a) e (b), mostrando indícios de uma provável aprendizagem significativa por parte destes estudantes.

Categorias	Subcategorias	Incidências
Respostas de acordo com a interpretação científica ou com fundamento observacional correto	Movimento causado pela rotação/movimento da Terra	10
	Movimento semelhante ao de outros astros (Lua, Sol), nascendo a leste e se pondo a oeste.	3
Respostas inconsistentes (não justificam o movimento), mas que se referem, ou usam elementos (conceitos) científicos ou observacionais	—	8
Respostas de senso comum	Sem qualquer referência a elementos/conceitos científicos ou observacionais	1
	Animistas	2
TOTAL		24

Tabela 4.1: Causas do movimento das estrelas

4.1.1.5 O movimento de um planeta com relação às estrelas (questões Ba2, Bd2 e C4)

A pergunta igualmente formulada nestas questões (seções A.5 e A.12 do Apêndice) foi baseada numa Figura 4.2 retirada do software *Stellarium*, abaixo reapresentada.

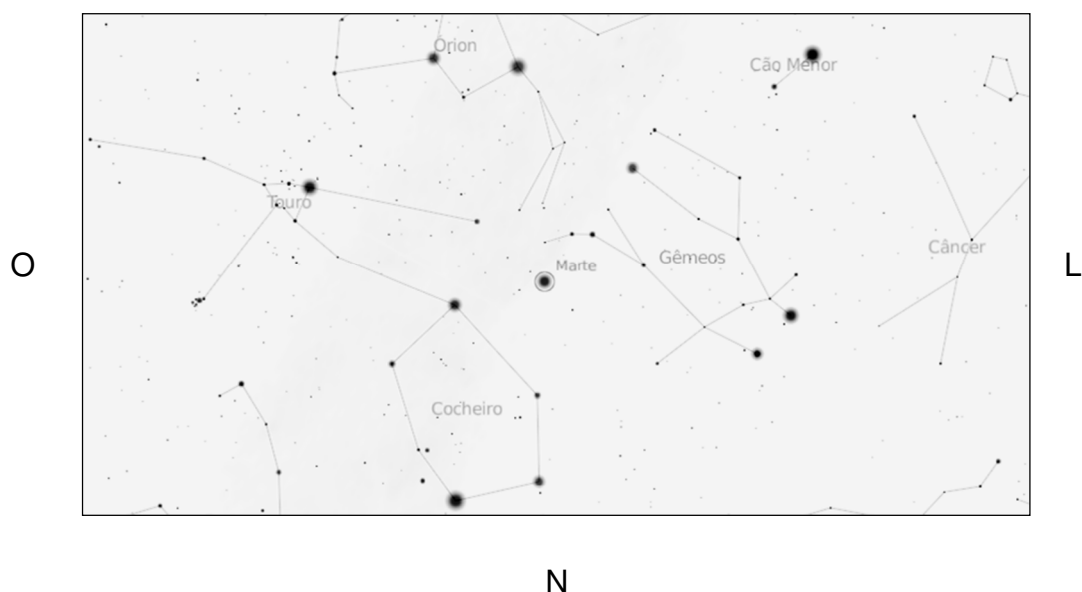


Figura 4.2: Figura apresentada nas questões B2 e C4, com Marte ao centro.

Nela era perguntado se o planeta Marte, que aparece na figura entre as constelações de Gêmeos e Touro, com o passar dos dias se moveria em relação às estrelas ou ficaria imóvel em relação a elas. Caso o aluno respondesse que ele se movimentaria, de acordo com o item (a) da questão, deveria desenhar na figura uma seta indicando para qual direção seria o seu movimento. Na questão C4 foi acrescentado mais um item (b), no qual era questionando ao estudante o porquê de o planeta Marte realizar este movimento em relação às estrelas.

O Gráfico 4.8 mostra o percentual dos 33 alunos pesquisados, respondentes das questões acima, que indicaram, como resposta, que o planeta se movimenta em relação às estrelas, mudando de posição. Desses, 39% antes de qualquer instrução (Ba2), correspondendo a 13 alunos, 73% pós-instrução (Bd2), totalizando 24 estudantes e 88% estudantes após um mês realizadas as atividades da sequência didática (C4), responderam que Marte se movimenta em relação às estrelas, correspondendo a 29 alunos.

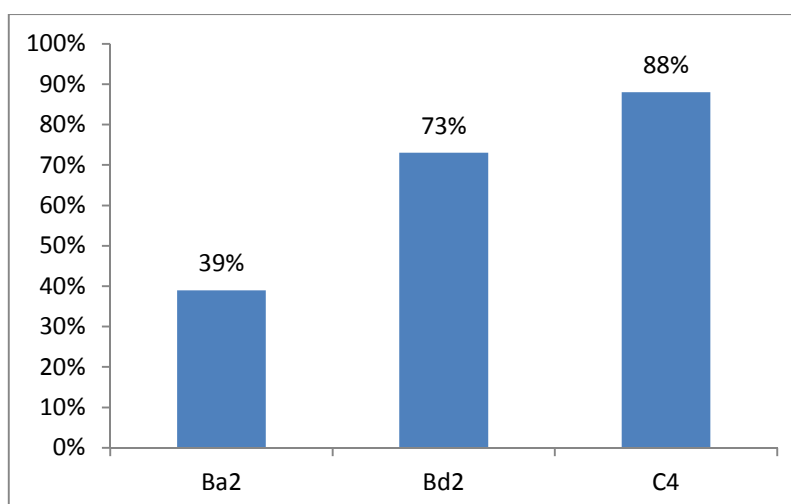


Gráfico 4.8: Alunos que acham que Marte se moverá em relação às estrelas

Quando questionados sobre o porquê de o planeta Marte realizar este movimento em relação às estrelas, questão C4, item (b), foi possível fazer uma categorização das respostas dadas pelos alunos, apresentada na Tabela 4.2, na qual foram utilizadas três categorias: uma em que as respostas correspondem ou ficam muito próximas da atual interpretação científica, ensinada durante as atividades da sequência, outra em que as respostas não coincidem nem apresentam elementos da explicação científica e uma categoria intermediária, onde já surgem estes elementos, porém a explicação ainda não é completa.

Podemos verificar que 48% dos estudantes não responderam o item (b). Contudo os resultados expressam uma possível mudança na compreensão dos 15 estudantes que responderam, apontando as causas do movimento de Marte à luz da sequência didática, como as respostas fornecida pelos estudantes E9: *“Pelos ultrapassagens da Terra em relação a Marte, por estar mais próxima do Sol a Terra tem seu movimento mais rápido”* e E35: *“Pois o planeta Marte se movimenta em órbita ao redor do Sol, se movimentando assim com relação às estrelas”*.

Categorias	Subcategorias	Incidências
Respostas que parecem indicar uma compreensão da explicação científica sobre o movimento de Marte com relação às estrelas.	Respostas que se referem explicitamente ao movimento retrógrado.	4
	Respostas que explicam corretamente o movimento de Marte em termos do movimento dos planetas em suas órbitas em torno do Sol (sem usar, explicitamente, o termo “retrógrado”).	2
Respostas inconsistentes ou incompletas, que não explicam corretamente ou completamente o movimento de Marte com relação às estrelas, mas que se referem, ou usam elementos (conceitos) científicos.	Respostas que fazem referência ao movimento das estrelas, indicando que os estudantes parecem ter aprendido que estas apresentam movimento (com relação ao horizonte) quando observadas no céu noturno.	5
	Respostas que fazem referência ao movimento de Marte em sua órbita em torno do Sol, indicando que os estudantes parecem ter aprendido que Marte segue uma órbita bem definida em torno do Sol, estabelecendo uma relação causal entre este movimento na órbita e o movimento com relação às estrelas.	2
	Respostas que fazem referência a um movimento rotacional, ou rotativo, de Marte, parecendo demonstrar uma confusão entre movimento de rotação e translação.	2
Resposta inconsistentes, de senso comum ou animista.	—	1
TOTAL		16

Tabela 4.2: Respostas ao porquê do movimento de Marte.

4.1.2 Questões sobre os movimentos dos planetas e os modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico

4.1.2.1 Os movimentos dos planetas no sistema solar (questões Ba11 e Bd11, Ba13 e Bd13)

A questão 11 do questionário B, respondida antes (Ba11) e depois da sequência (Bd11), continha cinco afirmativas relativas aos movimentos dos planetas do sistema solar onde o aluno teria que marcar verdadeiro (V) ou falso (F):

Quanto ao movimento dos planetas do nosso sistema solar, podemos afirmar que:

- () Eles não se movimentam, ficam sempre parados em posições bem definidas.*
- () Todos se movimentam, mas com a mesma velocidade.*
- () Todos se movimentam, cada um com uma velocidade diferente.*
- () Todos se movimentam, mas ficam sempre alinhados e numa sequência bem definida.*
- () Todos se movimentam, cada um seguindo um caminho bem definido, chamado órbita.*

O Gráfico 4.9 exibe as cinco afirmativas identificadas pelas letras *a*, *b*, *c*, *d* e *e*, seguindo a sequência apresentada, bem como o percentual de alunos que assinalaram corretamente a sequência (F, F, V, F e V) antes das atividades (Ba11) e pós-atividades (Bd11).

Percebe-se que em todos os cinco itens os alunos obtiveram um ganho significativo nas escolhas das respostas, pós-atividades de intervenção, atingindo quase a unanimidade de respostas corretas após ela, à exceção do quarto item, que consistia na afirmação de que “*Todos se movimentam, mas ficam sempre alinhados e numa sequência bem definida*”. É interessante notar a persistência de alguns alunos na crença de que esta afirmativa é correta. Possivelmente isso se acha ligado ao fato de que, tradicionalmente, nas imagens dos livros didáticos, os planetas do sistema solar em geral são mostrados desta forma: perfeitamente alinhados, sendo sua sequência em ordem de distância ao Sol, uma das informações mais repetidas no ensino tradicional, levando a uma aprendizagem mecânica

Cabe também destacar que os enunciados se referem a um tópico – os movimentos dos planetas do sistema solar – que foi abordado na atividade prática onde os alunos

simularam o movimento dos planetas com o próprio corpo, e que o grande ganho obtido, com uma quase unanimidade de respostas corretas na maioria dos itens, parece indicar o acerto da inclusão de atividades deste tipo dentro de uma sequência didática.

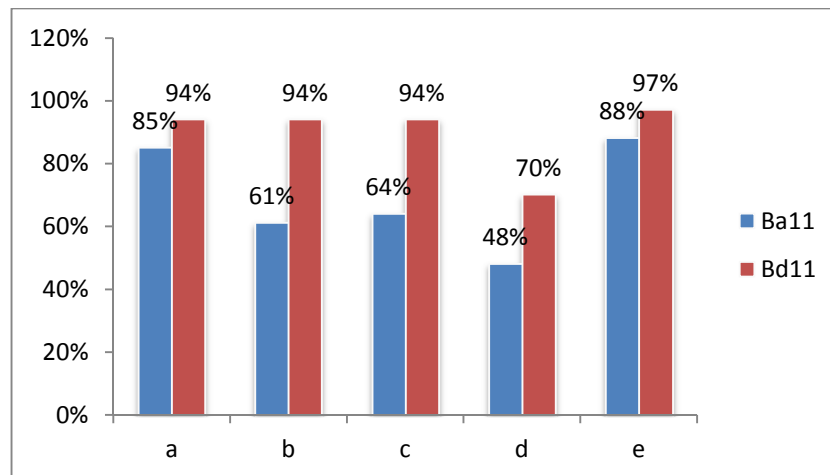


Gráfico 4.9: Percentual de respostas corretas a afirmativas sobre o movimento dos planetas antes (Ba11) e depois (Bd11) da sequência.

A questão B13, respondida antes (Ba13) e depois (Bd13) da sequência, também abordou o tema dos movimentos dos planetas do sistema solar, mas de maneira que se tornava mais aberta, iniciando por uma pergunta direta: “Os planetas se movimentam?”, que deveria ser respondida com “Sim” ou “Não”, mas depois, em caso de resposta “Sim”, pedindo que fosse dito em que relação a que astro eles se movimentavam e que fosse feito um desenho representando um planeta e o astro em relação ao qual ele se movia, indicando como seria o movimento do planeta, conforme transcrito abaixo:

13. Os planetas se movimentam?

() Não () Sim. Neste caso:

(a) Diga em relação a qual astro eles se movimentam: _____

(b) Faça um desenho no espaço abaixo indicando como você acha que é o movimento de um planeta, representando também o astro em relação ao qual ele se movimenta (identifique no desenho, por escrito, o planeta e o astro em relação ao qual ele se move):

No Gráfico 4.10 apresentamos o resultado das frequências de respostas “Sim” e “Não” antes e após a realização das atividades didáticas.

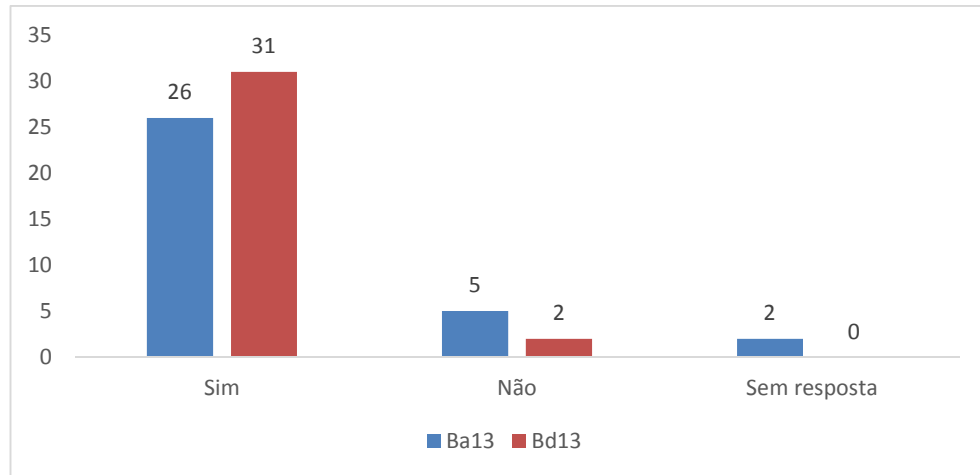


Gráfico 4.10: Frequência das respostas “Sim” ou “Não” à pergunta: “Os planetas se movimentam?”, antes e depois das atividades.

Nota-se que, antes das atividades, havia 5 estudantes que responderam que os planetas não se movimentavam e 2 que não responderam à pergunta (possivelmente indicando insegurança quanto à resposta correta), enquanto que, após as atividades, apenas 2 estudantes responderam “Não” e nenhum deixou de dar uma resposta à pergunta.

No Gráfico 4.11 apresentamos as frequências das respostas relativas ao astro com relação ao qual os planetas se movem, onde é possível perceber uma nítida mudança,

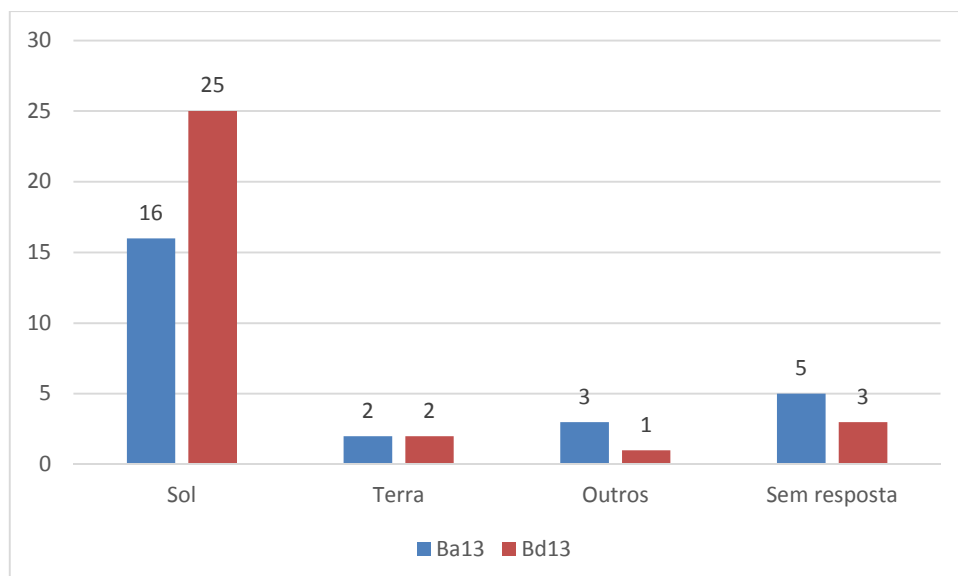


Gráfico 4.11: Frequência de respostas com relação ao astro em relação ao qual os planetas se movem, antes e depois das atividades.

com uma ocorrência bem maior de respostas que se referem ao Sol como sendo o astro com relação ao qual os planetas se movem, após a realização das atividades.

Na categoria “Outros”, antes da realização das atividades, houve a incidência de 3 respostas: “*uma estrela*”, “*em órbita*” e a surpreendente “*o Sol gira em torno da Terra*”, que evidencia uma concepção geocêntrica do sistema solar. Após as atividades houve apenas uma resposta classificada nesta categoria, que foi, novamente, “*uma estrela*”, dada pelo mesmo estudante que a havia formulado antes das atividades.

Na análise dos desenhos representando os movimentos dos planetas, tendo em vista que um dos temas centrais trabalhados na sequência foi o dos modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico, optamos por realizar uma classificação dos desenhos em termos de duas categorias: desenhos que evidenciavam uma concepção heliocêntrica e desenhos que indicavam uma concepção geocêntrica do sistema solar, como forma de obter indícios com relação à aprendizagem propiciada pela realização da sequência didática.

No Gráfico 4.12 apresentamos o resultado desta categorização dos desenhos antes e após a realização das atividades da sequência didática. Na categoria “Outros” foram classificados desenhos em que não havia indicação clara da órbita seguida pelo planeta, boa parte deles apenas indicando que o astro se movia em torno de si mesmo, impedindo assim qualquer conclusão quanto ao possível centro do sistema.

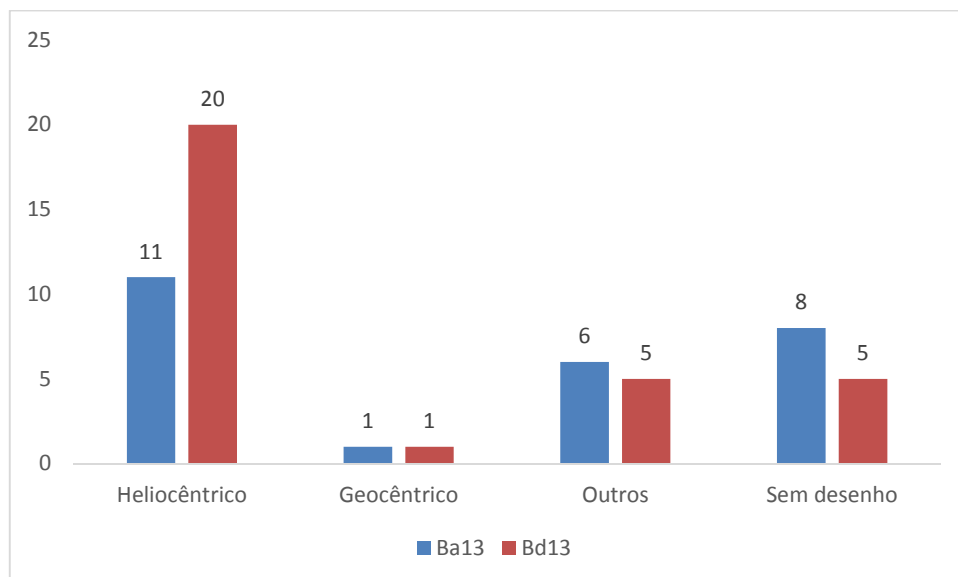


Gráfico 4.12: Frequência de desenhos classificados como heliocêntricos ou geocêntricos pelos estudantes que responderam “Sim” à pergunta inicial: “Os planetas se movimentam?”, que totalizaram 26 estudantes antes da realização das atividades (Ba13) e 31 depois (Bd13).

Pelo Gráfico 4.12 é possível perceber um forte crescimento de concepções indicativas de um sistema heliocêntrico, que passaram de 11, no início, para 20 após a sequência.

Houve também uma riqueza maior de detalhes e informações presentes nos desenhos após a realização das atividades como, p. ex., a indicação de todos os oito planetas do sistema solar, como seus nomes, orbitando o Sol, como na Figura 4.3, abaixo:

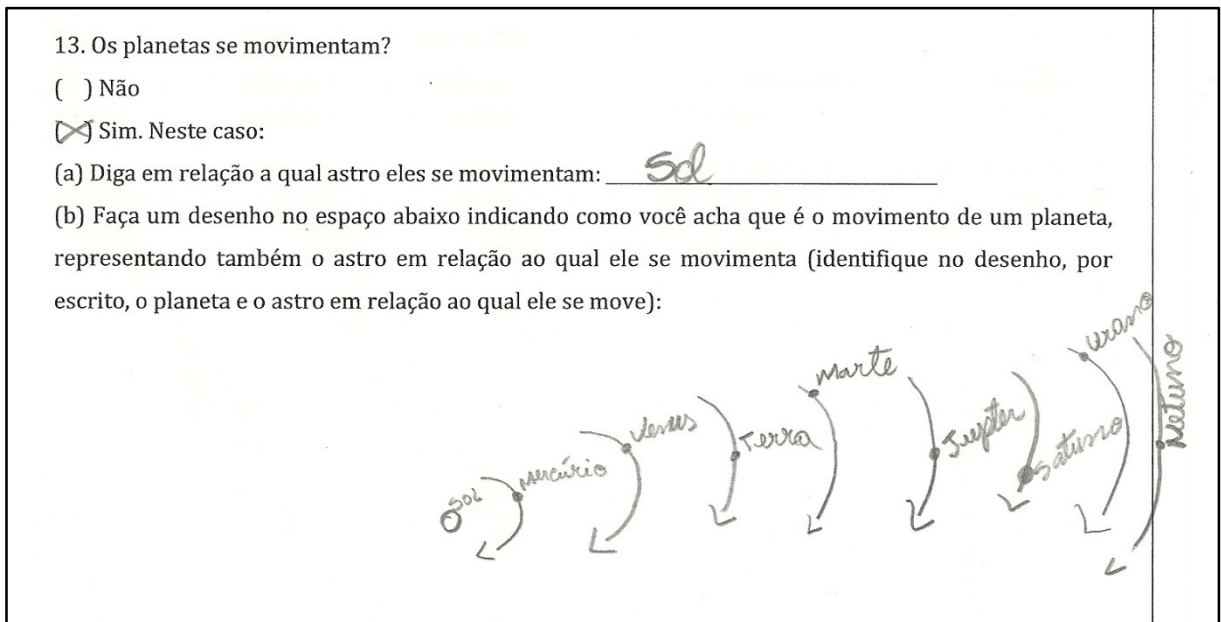


Figura 4.3: Desenho do movimento dos planetas, indicando uma concepção heliocêntrica, feito pelo aluno E16 após a realização da sequência.

Contudo, também é notável a persistência de pelo menos uma concepção claramente geocêntrica, que foi apresentada pelo aluno E21, cujos desenhos, antes e após a realização da sequência são apresentados nas Figuras 4.4 e 4.5, na próxima página.

Embora essa clara persistência de uma concepção geocêntrica, expressa por meio de desenho, tenha sido evidenciada por apenas um aluno, também houve outro, E27, que, depois da realização das atividades, também indicou a Terra como sendo a referência com relação a qual os planetas se movem na resposta por escrito ao item (a). Em seu desenho, no item (b), há planetas girando em torno de um corpo central cujo nome não é indicado, mas que, talvez, represente a Terra. Esses resultados mais uma vez demonstram a resistência de algumas das concepções prévias apresentadas pelos estudantes e apontam para necessidade de aprofundamento na problematização da visão geocêntrica de universo durante as atividades da sequência.

13. Os planetas se movimentam?

() Não

☒ Sim. Neste caso:

(a) Diga em relação a qual astro eles se movimentam: Terra

(b) Faça um desenho no espaço abaixo indicando como você acha que é o movimento de um planeta, representando também o astro em relação ao qual ele se movimenta (identifique no desenho, por escrito, o planeta e o astro em relação ao qual ele se move):

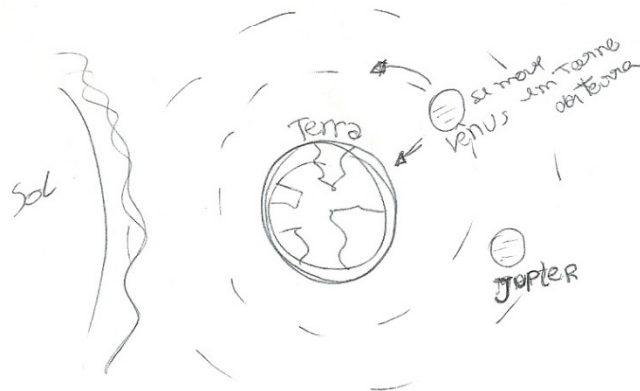


Figura 4.4: Desenho do movimento dos planetas feito pelo aluno E21 antes das atividades, indicando uma concepção geocêntrica.

13. Os planetas se movimentam?

() Não

☒ Sim. Neste caso:

(a) Diga em relação a qual astro eles se movimentam: Terra

(b) Faça um desenho no espaço abaixo indicando como você acha que é o movimento de um planeta, representando também o astro em relação ao qual ele se movimenta (identifique no desenho, por escrito, o planeta e o astro em relação ao qual ele se move):

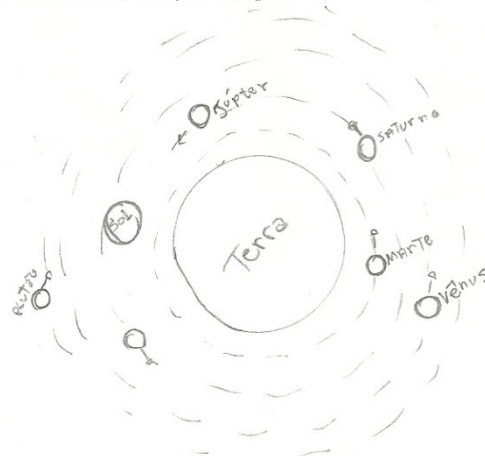


Figura 4.5: Desenho do movimento dos planetas feito pelo aluno E21 depois das atividades, indicando a permanência (ou mesmo reforço) de uma concepção geocêntrica.

Outro resultado importante evidenciado pelos desenhos realizados no item (b) da questão B13, após a realização da sequência, e que também aponta para uma necessidade de aprimoramento na sua aplicação, foi o surgimento, em alguns desenhos, da indicação da concepção de que os planetas também realizam um movimento retrógrado com relação a um referencial baseado no Sol, como no caso dos desenhos dos alunos E20, E25 e E34, apresentados na Figura 4.6, o que não ocorre de fato – um dos pontos fortes do modelo heliocêntrico é justamente o fato de o movimento retrógrado dos planetas, observado desde um referencial baseado na Terra, poder ser explicado como simples consequência do movimento relativo dos planetas num referencial heliocêntrico, sem que os mesmos descrevam qualquer movimento de vai e vem com relação ao Sol.

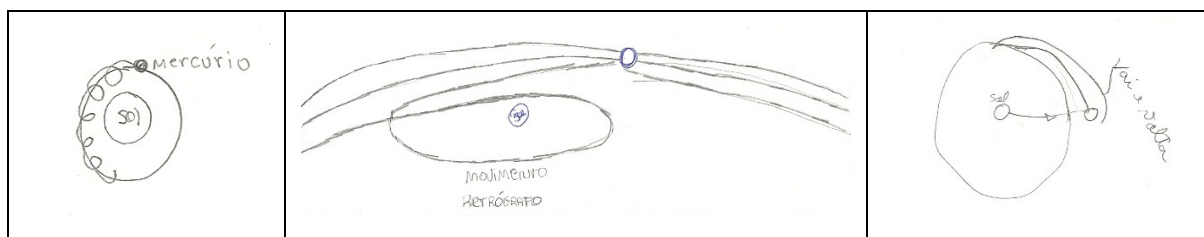


Figura 4.6: Desenhos dos alunos E20, E25 e E34 indicando um movimento retrógrado dos planetas num referencial heliocêntrico, o que está em desacordo com o modelo científico.

É importante ressaltar que esses desenhos foram feitos apenas após a realização das atividades da sequência. Nos desenhos anteriores a elas, não havia qualquer menção a movimentos retrógrados. Ou seja, em decorrência da realização da sequência houve a assimilação na estrutura cognitiva de alguns estudantes do conceito de movimento retrógrado como sendo um movimento realizado pelos planetas, no qual eles realizam laçadas, ou movimentos de vai e vem. Contudo a aprendizagem parece ter sido mecânica, ainda desvinculada do estabelecimento de relação com o próprio modelo heliocêntrico, dos movimentos dos planetas neste modelo e de seus movimentos relativos. O que, aparentemente, esses estudantes aprenderam (mecanicamente) foi que, além dos movimentos de rotação e translação, dos quais eles já tinham ciência, os planetas também apresentam mais um movimento em relação ao Sol, que seria o movimento retrógrado.

A análise desta questão nos mostrou, portanto, resultados positivos em termos de assimilação de conhecimentos por parte dos estudantes com relação aos movimentos dos planetas, conforme pode ser percebido pelos Gráficos 4.8, 4.9 e 4.10, e ilustrado

na Figura 4.3, mas também nos faz importantes alertas com relação a dificuldades envolvidas em seu ensino, como a existência de arraigada concepção geocêntrica em alguns alunos, que não mudou, mesmo após a realização da sequência, e a possibilidade de uma mera aprendizagem mecânica acerca do movimento retrógrado dos planetas. Esses resultados negativos em termos de aprendizagem, por outro lado, constituem importantes indicadores para o aperfeiçoamento de nossa proposta de sequência didática, apontando para a necessidade de um aprofundamento na problematização do modelo geocêntrico e do que seria o denominado “movimento retrógrado” e como ele pode ser explicado a partir de uma concepção heliocêntrica. As questões que analisaremos a seguir se referem diretamente a esse tema.

4.1.2.2 O movimento retrógrado dos planetas (questões C6, C7 e C8)

A questão C6 foi uma questão aberta em que se perguntava:

6. Por que acontece o movimento retrógrado de um planeta?

As explicações dadas pelos estudantes em resposta a esta pergunta foram classificadas em três categorias, conforme resumo apresentado na Tabela 4.3:

Categorias	Subcategorias de explicações: o movimento retrógrado acontece ...	Incidências
Respostas consistentes com o modelo científico, heliocêntrico.	Devido à diferença de velocidade orbital dos planetas e das “ultrapassagens” que ocorrem em consequência delas.	2
	Devido ao fato de a velocidade dos planetas variar com a distância ao Sol.	2
Respostas incompletas ou inconsistentes, mas que se referem ou usam elementos (conceitos) científicos.	Devido ao movimento do planeta em torno do Sol.	4
	Porque é um movimento dos planetas em órbita.	2
	Porque é um movimento associado à rotação.	1
Resposta inconsistentes, de senso comum ou animistas.	Porque os planetas se alinham em relação ao Sol.	1
	Porque o planeta precisa se mover para que não haja colisões com outros planetas.	1
Sem resposta		20
TOTAL		33

Tabela 4.3: Respostas sobre a explicação do movimento retrógrado dos planetas.

Embora o tema tenha sido trabalhado em sala de aula e na atividade prática de representação dos movimentos dos planetas com o próprio corpo, pode-se perceber, pelos resultados apresentados na Tabela 4.3, que a aprendizagem com relação à explicação do movimento retrógrado, de acordo com o modelo heliocêntrico, aparentemente deixou a desejar: a maior parte dos alunos nem respondeu à pergunta, e, dos que responderam, apenas 4 deram respostas consistentes, como, p. ex., as excelentes respostas dos alunos E20 e E24, respectivamente:

“Porque quanto mais perto do Sol mais rápido, conseqüentemente quem estiver longe mais lento, por isso parece que está voltando.”;

“Porque um planeta gira mais rápido em torno do Sol do que o outro, com isso um planeta ‘ultrapassa’ o outro dando esse movimento aparente.”.

Essas respostas, pela relação correta que estabelecem entre diferença de velocidades e conseqüente movimento que *“parece que está voltando”* ou de ultrapassagem, parecem indicar uma aprendizagem significativa do que seria o movimento retrógrado e sua causa.

Contudo eles foram exceção, dos 13 alunos, dentre os 33, que deram algum tipo de resposta, apenas 4 o fizeram de maneira consistente.

Conclui-se daí, corroborando indícios que já haviam sido percebidos ao analisarmos alguns dos desenhos associados à questão B13 (Figura 4.6), que, para grande parte dos alunos, o movimento retrógrado e sua explicação, no contexto do sistema heliocêntrico, não foi aprendido de maneira significativa. De fato, o movimento retrógrado parece constituir um tema cujo ensino não é trivial e que necessitaria de maior ênfase, discussão, problematização e envolvimento dos estudantes do que o obtido em nossa sequência para se chegar a uma aprendizagem significativa por parte da maioria dos estudantes, mais uma vez fornecendo indicação de que a mesma deveria ser aperfeiçoada neste ponto.

As perguntas formuladas nas questões C7 e C8 deram continuidade à exploração da aprendizagem sobre o movimento retrógrado, propondo uma aplicação do conceito em situações novas, o que, segundo Moreira (1999), consiste numa das melhores maneiras de obter indícios da ocorrência, ou não, de uma aprendizagem significativa.

Em vez de considerar um observador na Terra, nestas questões pedia-se para imaginar que o mesmo estivesse no Sol (C7) e em Marte (C8) e que se explicasse se seria, ou não, observado movimento retrógrado de algum planeta a partir destes novos pontos de vista, conforme transcrito a seguir:

7. Se um observador estivesse situado no Sol, ele veria o movimento retrógrado de algum planeta?

() Sim () Não Por quê? _____

8. Se um observador estivesse situado em Marte, ele veria o movimento retrógrado de algum planeta?

() Sim () Não Por quê? _____

O Gráfico 4.13 mostra, em termos percentuais, a quantidade de respostas “Sim” ou “Não” dadas pelos 33 alunos que responderam às questões. Percebemos, através desses dados, que 64% dos alunos responderam corretamente “Não” à questão C7, referente ao observador situado no Sol, e 76% dos estudantes marcaram corretamente “Sim” na questão C8, referente ao observador no planeta Marte.

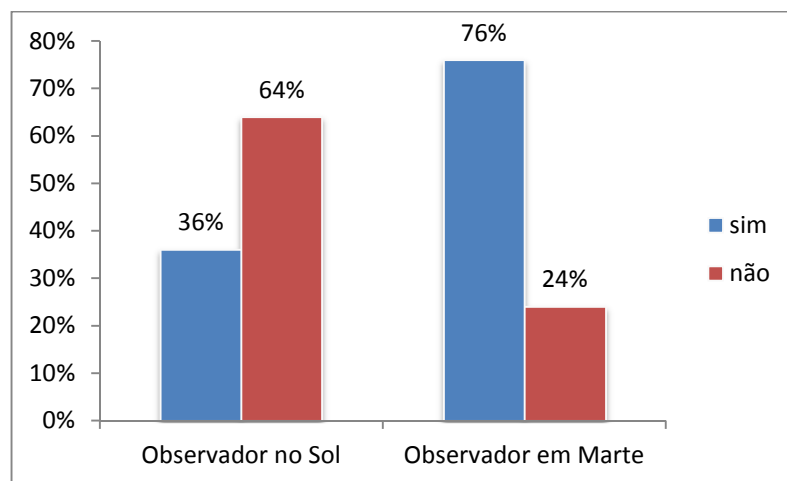


Gráfico 4.13: Respostas “Sim” ou “Não” quanto à possibilidade de observação de algum movimento retrógrado de planeta, no caso de um observador situado no Sol e de outro em Marte.

Tendo em vista a análise que anteriormente fizemos, da questão C6, na qual apenas 4 alunos souberam elaborar explicações coerentes sobre a causa do movimento retrógrado, o resultado obtido nas respostas “Sim” ou “Não” às questões C7 e C8 parece ser bastante positivo, parecendo evidenciar que, embora não tenham sido capazes de expressar, por meio de linguagem escrita, uma explicação consistente, um parcela maior de alunos (mais da metade) parece ter conseguido analisar

corretamente as novas situações e aplicar a elas uma noção correta acerca do movimento retrógrado, como um fenômeno cuja observação depende do referencial. Isso é especialmente verdade no caso da questão C7, em que o observador deve se situar sobre o Sol e então não verá nenhum movimento retrógrado. Pelas respostas “Não” corretas a este item, poderíamos ser tentados a concluir que mais de metade dos alunos (64%) teria compreendido isso. Contudo esta simples análise quantitativa não se sustenta. Para começar é importante destacar que também cerca de metade dos alunos (16 dentre os 33) não apresentaram qualquer justificativa para sua escolha de “Sim” ou “Não” e, ao examinarmos as respostas daqueles que justificaram por escrito esta escolha correta, é possível perceber que, em diversos casos, a escolha acertada foi meramente casual, tendo ocorrido por outras razões e não devido a uma aprendizagem significativa acerca do movimento retrógrado. De maneira semelhante ao revelado na análise da questão anterior, C6, apenas 4 estudantes que responderam corretamente “Não” ao item C7 formularam justificativas consistentes com a interpretação científica e o modelo heliocêntrico.

Na Tabela 4.4, apresentamos a categorização que foi feita das justificativas (porquês) dos 9 alunos que responderam corretamente “Não” à questão C7 e que apresentaram alguma justificativa para esta escolha, com as respectivas frequências em cada categoria. Como pode ser visto nessa Tabela 4.4, foram utilizadas três categorias para a classificação: a primeira sendo a de respostas que correspondem ou ficam muito próximas da interpretação científica, ensinada durante as atividades da sequência; a segunda uma categoria intermediária em que as explicações não estão completamente de acordo com a interpretação científica, porém apresentam alguns de seus elementos, e uma terceira categoria de respostas que parecem baseadas apenas no senso comum.

Como anteriormente mencionamos, houve apenas 4 respostas consistentes com o modelo científico heliocêntrico e que parecem indicar uma aprendizagem significativa, como a de E24:

“Porque os planetas giram em torno do sol, o movimento retrógrado é um movimento aparente de um planeta em relação ao outro.”

Dentre as justificativas baseadas exclusivamente no senso comum e que nada tem a ver com uma aprendizagem significativa do que seria o movimento retrógrado ou sua

explicação, mas que levaram alguns estudantes a fazerem a opção correta pelo “Não na questão C7, estão respostas banais que se referem à luminosidade do Sol, a qual impediria a visão dos planetas, e, portanto, de qualquer de seus movimentos, incluindo um eventual movimento retrógrado, como as formuladas por E21 e E29, respectivamente:

“A luz do Sol seria forte demais o que atrapalharia a visão de qualquer planeta.”;

“Porque os vários raios solares do Sol é muito forte e atrapalha a visibilidade.”.

Categorias	Subcategorias	Incidências
Respostas que parecem indicar uma compreensão da explicação científica do movimento retrógrado por meio do modelo heliocêntrico.	Respostas que se referem ao movimento relativo entre o observador e o planeta observado.	1
	Resposta baseada no fato de que, no modelo heliocêntrico, o Sol permanecer fixo no centro do sistema.	1
	Respostas que apenas mencionam o movimento dos planetas em suas órbitas em torno do Sol.	2
Respostas que não explicam completamente a ausência de movimento retrógrado, quando a observação é feita a partir do Sol, mas que fazem uso de algum conhecimento baseado no modelo heliocêntrico.	—	1
Respostas baseadas apenas no senso comum.	Respostas baseadas na noção de que o Sol é muito luminoso, o que impediria a visualização dos planetas.	3
	Respostas baseadas, possivelmente, na noção de que o Sol é muito quente, o que impediria um observador de se situar sobre ele (apego a uma representação concreta da situação).	1
TOTAL		9

Tabela 4.4: Categorização das 9 justificativas dadas para o fato de não ser observado nenhum movimento retrógrado de planeta no caso de um observador situado no Sol.

Por sua vez, ao analisarmos as justificativas apresentadas pelos 8 alunos que responderam, erroneamente, “Sim” na questão C7, percebemos que uma delas, formulada por E38, embora o tenha conduzido à resposta errada “Sim”, parece denotar uma boa compreensão da causa do movimento retrógrado:

“Porque ele veria algum planeta ultrapassando o outro e dando a impressão de ficar para traz.”

Esta resposta parece mostrar uma compreensão de que o movimento retrógrado é produzido pela ultrapassagem de um planeta por outro, porém faltou compreender que, neste caso, o ponto de observação (referencial) é o Sol, sendo que, a partir dele, será possível observar planetas sendo ultrapassados por outros, porém eles jamais serão vistos invertendo o sentido de seu movimento com relação ao fundo distante (estrelas), que é a essência do chamado de “movimento retrógrado”. Esse tipo de resposta mostra como é importante problematizar a diferença de movimento dos planetas quando observados do Sol e dos outros planetas na atividade prática, utilizando o próprio corpo para representar os movimentos planetários.

Todas as demais justificativas apresentadas pelos outros 7 alunos que responderam “Sim” à questão C7 se afastam completamente da explicação do movimento retrógrado como consequência de um movimento relativo, sendo que algumas delas, de maneira coerente com indício já encontrado quando da análise dos desenhos associados à questão B13 (Figura 4.8), parecem conceber o movimento retrógrado como um movimento “absoluto” que ocorreria também com relação ao Sol, num referencial heliocêntrico, como é possível perceber inequivocamente na resposta dada por E16:

“Além dele poder ver todos [os planetas] pois o Sol está no centro de nossa galáxia o movimento retrógrado é possível ver de todos os lugares.”,

onde também transparece uma confusão entre o sistema solar e a Galáxia.

Esse tipo de resposta evidencia uma aprendizagem que podemos considerar “mecânica” do que seria o movimento retrógrado: mais um movimento “absoluto” apresentado pelos planetas. Com a realização da sequência esses estudantes teriam aprendido (mecanicamente) que, assim como apresentam rotação e translação, os planetas (possivelmente à exceção da Terra) também apresentam um movimento de “vai e vem” chamado “movimento retrógrado”, sem, contudo, compreender o seu significado e sua explicação no contexto do sistema heliocêntrico.

Algo semelhante ocorre quando examinamos as respostas dadas à questão C8, na qual deve se imaginar que o observador se encontra em Marte. Numa análise

meramente quantitativa, como 76% dos alunos responderam corretamente “Sim” (Gráfico 4.13) poderíamos ser inclinados a concluir que a maioria compreendeu significativamente o que seria o movimento retrógrado, mas ao examinarmos os porquês das escolhas de suas respostas “Sim” ou “Não”, que foram apresentadas por menos de metade dos estudantes (15 dentre 33), verificamos que, em sua grande maioria são inconsistentes. Apenas um pequeno grupo de cerca de 4 estudantes formula explicações de acordo com a interpretação de que o movimento retrógrado é consequência do movimento relativo entre os planetas, como as apresentadas por E9 e E24, respectivamente:

“Pois seria ultrapassado e também ultrapassaria outros”,

“Porque em algum momento ele irá ultrapassar ou ser ultrapassado por algum planeta”.

Além disso, podemos notar nas justificativas apresentadas na questão 8, algumas concepções alternativas sobre o movimento retrógrado, como a de que ele só é observado em planetas que ficam mais distantes e/ou são mais lentos que Marte, como nas respostas dos estudantes E20 e E38:

“Porque ele está mais perto do Sol, do que alguns planetas, então o que estivesse longe ele veria esse movimento”,

“por causa da velocidade dele, ele sempre vai estar na frente”.

Também surgiu, novamente, uma resposta que denota a concepção de que o movimento retrógrado seria um movimento intrínseco, absoluto (assim como a rotação e translação), que seria realizado por todos os planetas (como exceção, talvez, da Terra), conforme já detectado em questões anteriores, juntamente com uma concepção de que este movimento dos planetas ocorreria em sincronismo, todos juntos, conforme resposta apresentada por E31 ao justificar sua escolha “Não”, de que, a partir de Marte, não seria observável nenhum movimento retrógrado:

“Porque ele também faz o movimento retrógrado e quem estivesse nele ia fazer o mesmo movimento.”

Portanto, como Marte faz esse movimento e os outros planetas também, não seria possível perceber qualquer movimento relativo e o movimento retrógrado não seria

observado. De acordo com esta concepção, talvez a Terra seja uma exceção, e não realize movimento retrógrado (apenas rotação e translação), já que dela seria possível observar este movimento nos outros planetas.

Em síntese, conforme os resultados apresentados, o ensino do importante tema do movimento retrógrado – cuja explicação desempenhou um papel crucial na elaboração dos modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico – se revelou bastante complexo e parece envolver sérias dificuldades, tendo fomentado o surgimento de diversas concepções alternativas nos estudantes.

Apesar de ter sido trabalhado na sala de aula e além dela, de uma forma bastante prática e com participação direta dos estudantes, por meio da atividade de representação dos movimentos dos planetas usando o próprio corpo, isso parece ainda ter sido insuficiente para promover uma aprendizagem significativa na maioria deles.

Embora alguns tenham demonstrado fortes evidências de uma aprendizagem significativa, por meio da apresentação, de argumentos corretos e consistentes em diversas questões, inclusive as que envolviam a aplicação de suas concepções em situação novas, ao imaginar observadores não mais na Terra, mas no Sol ou em Marte, este grupo se resumiu a cerca de 4 ou 5 alunos, ou seja, não mais que 12% a 15% do total de estudantes. Por outro lado, também surgiram evidências de uma aprendizagem meramente mecânica em vários casos.

Concluimos assim que nossa sequência deve ser aperfeiçoada nesta parte, sobre o movimento retrógrado. Ações que antevemos seria importante aprimorar em uma eventual próxima edição da sequência seriam: reforçar a noção de que todo o movimento sempre é relativo, incluindo atividades práticas que demonstrem como varia a percepção do movimento quando se muda o referencial em diversas situações; enfatizar a problematização dos movimentos observados a partir do Sol e de cada um dos planetas durante a realização da atividade prática de simulação com o próprio corpo dos movimentos planetários, de acordo com o modelo heliocêntrico. Essa problematização mereceria ser aprofundada, buscando fazer com que cada um dos estudantes representasse mais de um papel (de Sol e de planeta) e efetivamente vivenciasse o que é possível visualizar, em termos de movimentos, a partir de cada um destes distintos referenciais.

4.1.2.3 Os modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico (questão C9)

A questão C9 propunha uma comparação entre os modelos geocêntrico e heliocêntrico, questionando qual seria melhor e solicitando justificativa para a resposta:

9. Com relação aos modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico, em sua opinião:

(a) Qual deles é o melhor? _____

(b) Por quê? _____

Conforme formulada, a questão deixava em aberto a possibilidade de utilização de critérios pessoais, e não necessariamente científicos, para a escolha de qual modelo seria “o melhor”, embora o contexto escolar em que a pesquisa foi realizada reforçasse a interpretação de que deveriam ser utilizados critérios científicos, de acordo com o ensinado nas atividades da sequência. O resultado relativo ao item (a) é apresentado no Gráfico 4.14:

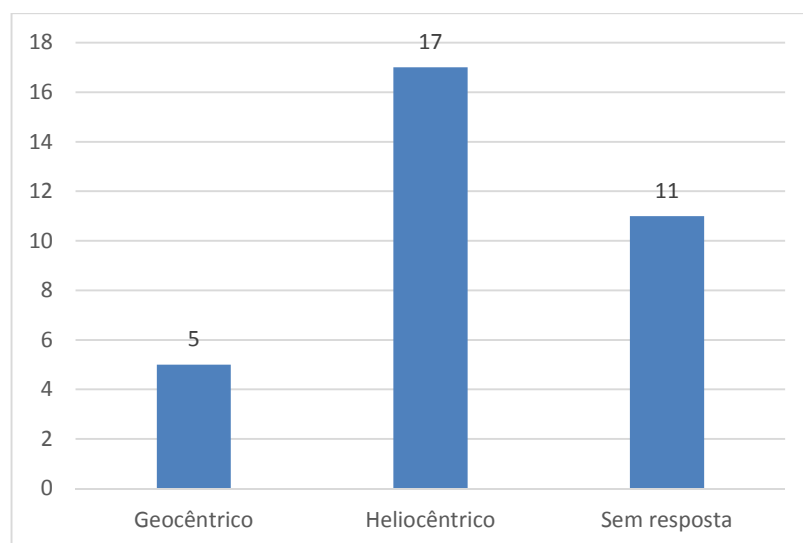


Gráfico 4.14: Frequência de respostas à pergunta sobre qual o melhor modelo de universo.

De forma um tanto surpreendente houve uma opção expressiva (5 alunos) pelo sistema geocêntrico, que mostra a força e arraigamento desta concepção entre alguns dos alunos, já percebidos e analisados em associação aos desenhos da questão B13 (Figuras 4.6 e 4.7).

Cabe também ressaltar o número grande de ausências de resposta, que poderia ser explicado tanto por uma eventual insegurança e falta de entendimento do que seriam

exatamente estes sistemas, mas também como simples falta de paciência de dar uma resposta por escrito. Parece-nos mais plausível a primeira hipótese, tendo em vista algumas das respostas que foram dadas, que denotam uma falta de compreensão exata, ou confusão, entre os nomes destes dois “sistemas de mundo”.

Dos 5 estudantes que indicaram o sistema geocêntrico como sendo o melhor, 4 apresentaram justificativas por escrito desta escolha (item (b) da questão). Uma delas, apresentada por E17:

“Geocêntrico, porque o universo geocêntrico permite que nós vejamos o universo d outra forma”,

parece denotar uma confusão entre as denominações “geocêntrico” e “heliocêntrico” e, no fundo, pode estar se referindo ao modelo heliocêntrico.

Outras duas, formuladas, respectivamente, por E5 e E25:

“Geocêntrico, porque ele é o modelo do planeta Terra, o modelo que conhecemos.”,

“Geocêntrico, por ser mais objetivo.”,

parecem indicar um apego ao referencial local, geocêntrico, de onde observamos o Universo, sendo que, no primeiro caso, talvez também haja uma confusão entre os modelos de Terra e de Universo.

A quarta resposta, apresentada por E12:

“Geocêntrico, pois tem uma melhor precisão de cada planeta.”,

é de difícil interpretação. De qualquer forma, como dissemos acima, esse resultado de vários estudantes escolherem o sistema geocêntrico como sendo o melhor, parece ser o sintoma de um apego ao referencial local, a uma visão realista ingênua do universo, persistente em diversos estudantes, conforme já demonstrado em outras pesquisas como, p. ex., a realizada por Bisch (1998).

A análise das respostas dos 15 estudantes que indicaram o modelo do universo heliocêntrico como sendo o melhor e apresentaram justificativa com relação a esta escolha foi feita com base na categorização apresentada na Tabela 4.5:

Categorias	Incidências
Justificativa baseada na autoridade da Ciência ou dos cientistas	8
Justificativa racional – o modelo heliocêntrico explica melhor a realidade	3
Justificativa moral – é egoísmo imaginar que a Terra é o centro do Universo	1
Outros (respostas inconsistentes ou incorretas)	3
TOTAL	15

Tabela 4.5: Frequência de respostas em cada categoria de justificativa quanto à razão para considerar o modelo heliocêntrico de universo como sendo o melhor.

Notamos que o principal tipo de razão apresentada pelos alunos foi baseada na autoridade da Ciência ou dos cientistas, como nas respostas indicadas por E11, E20 e E31:

“Heliocêntrico, por ser o mais aceito e comprovado por cientistas”;

“E20: Heliocêntrico, porque o Sol no centro é o correto e não o planeta Terra ele se movimenta já o Sol é imóvel. A Terra é apenas um corpo celeste que o orbita”;

“E31: Heliocêntrico, por que foi provado que ele é o modelo correto, o Sol é o centro”.

Apenas 3 respostas pareceram corresponder a justificativas baseadas na razão de ser o modelo heliocêntrico o que melhor explica a realidade, como nas respostas apresentadas por E9 e E38, respectivamente:

“Heliocêntrico, por ser a forma verdadeira e explicar mais claramente os movimentos dos planetas”;

“Heliocêntrico, pois é uma ideia mais próxima da realidade.”.

Houve ainda uma justificativa moral para o modelo heliocêntrico, formulada por E41:

“Heliocêntrico, porque em meio a grandeza de nosso universo é até egoísmo afirmar que somos o centro dele.”

Estes resultados, em que a maioria dos argumentos apresentados pelos estudantes são baseados na autoridade, por um lado, apontam para a necessidade de maior

ênfase, no ensino da Astronomia, nas justificativas e argumentos racionais, no qual se baseia esta ciência e deve se basear o seu ensino; numa apresentação mais clara de que, cientificamente, o que faz um modelo melhor do outro é, primeiramente, sua maior coerência como as observações, sua melhor descrição da realidade.

Por outro lado também mostra o quanto os estudantes acham-se acostumados a uma aprendizagem mecânica, em que novas informações, conhecimentos e modelos devem ser considerados melhores e “corretos” não pelo fato de explicarem melhor a realidade e terem base racional, mas simplesmente por serem o que é afirmado pelos cientistas (e professores).

4.2. Interpretação dos Mapas Conceituais

Os mapas conceituais analisados antes (MCA) e os mapas conceituais analisados depois da aplicação do material potencialmente significativo (MCD), serviram como instrumento de auxílio na avaliação da aprendizagem dos estudantes, permitindo observar a progressão conceitual dos alunos atribuída à metodologia adotada no desenvolvimento da sequência proposta. Desta forma os mapas conceituais se tornaram canais de comunicação, uma maneira de o aluno exteriorizar seu conhecimento, colocando no papel aquilo que ele pensa sobre o tema Astronomia e, a partir daí, auxiliando o professor a fazer as intervenções que achasse necessárias. Foi por este motivo que, ao elaborarmos a sequência didática, não a fizemos completamente fechada, boa parte dela foi norteadada pela análise dos questionários e mapas conceituais confeccionados antes da aplicação do material potencialmente significativo, o que ajudou a fomentar nossa discussão nos parágrafos seguintes, bem como compreender de que modo o uso do mapa conceitual como recurso didático pode favorecer a aprendizagem significativa.

Para analisar os mapas elaborados antes e depois do estudo, utilizamos basicamente três ideias da teoria de aprendizagem de Ausubel (2003), estabelecendo critérios de classificação no que se refere aos graus de hierarquia e de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, os quais estão apresentados no Quadro 4.2, de acordo com Mendonça (2012) e como sugere Novak (1996):

A base fundamental para os nossos esquemas de pontuação consiste na teoria cognitiva da aprendizagem de Ausubel, nomeadamente três das suas ideias: 1) A estrutura cognitiva é *organizada hierarquicamente*, com os conceitos e as proposições menos inclusivos, mais específicos, subordinados aos conceitos e proposições mais gerais e abrangentes. 2) Os conceitos da estrutura cognitiva estão sujeitos a uma *diferenciação progressiva*, acompanhada do reconhecimento de uma maior abrangência e especificidade nas regularidades dos objetos ou acontecimentos, e de cada vez mais ligações preposicionais com outros conceitos. 3) A *reconciliação integradora* ocorre quando dois ou mais conceitos são relacionados em termos de novos significados preposicionais e/ou quando se resolvem conflitos de significados entre conceitos. (NOVAK, 1996, p. 113).

Categorias	Características	Informações relevantes
Alta (A) Possui conceitos relevantes para compreensão do tema.	Contém informações conceituais relevantes; está bem hierarquizado, o conceito inclusor no topo, em seguida os intermediários e posteriormente os mais específicos e os exemplos.	Palavras de ligação adequadas; com ligações cruzadas; ausência de repetição de conceitos e informações supérfluas; proposições corretas, presença ou não de exemplos.
Média (M) Indica pouca compreensão do tema.	Apresenta alguns conceitos centrais do tema, mas com uma hierarquia apreciável.	As palavras de ligação e os conceitos não estão claros. Pode realizar ligações cruzadas ou não. Muitas informações detalhistas e a repetição de conceitos.
Baixa (B) Indica ausência de compreensão do tema.	Apresenta um ou dois conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Possui hierarquia básica, demonstrando ou não sequências lineares e conhecimentos muito simples. Faltam relações cruzadas, com palavras de ligação; são muito simples.
Nula (N) Indica completa ausência de compreensão do tema.	Não apresenta os conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Não há uma hierarquia básica, demonstra sequências lineares e conhecimentos simples.

Quadro 4.2: Categorias de análise e classificação da qualidade dos mapas conceituais com base nas informações obtidas nos mapas, conforme Mendonça (2012).

Seguindo procedimento indicado por Mendonça (2012), para cada análise descritiva foi feita uma avaliação qualitativa/quantitativa da aprendizagem. Para verificar e avaliar como o conceito “Astronomia” é interpretado pelos alunos que participaram da pesquisa, uma análise comparativa dos mapas antes e depois se fez necessária, criando-se assim três tipos de categorias: Mapa Bom (MB), Mapa Regular (MR) e Mapa Deficiente (MD) – conforme mostrado no Quadro 4.3. Buscando identificar evidências de aprendizagem significativa nos mapas dos alunos, levamos em conta os seguintes critérios: o número de conceitos válidos e a sua relevância e centralidade em relação ao tema; o número de ligações corretas (simples e cruzadas); a adequação das palavras de ligação utilizadas; a validade e relevância das proposições formuladas; a indicação de exemplos válidos; a existência de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa.

Categorias	Características	Informações relevantes
Mapa Bom (MB) Indica maior compreensão do tema.	Contém informações conceituais relevantes; está bem hierarquizado, o conceito inclusor no topo, em seguida os intermediários e posteriormente os mais específicos.	Palavras de ligação adequadas; com ligações cruzadas; ausência de repetição de conceitos e informações supérfluas; proposições corretas.
Mapa Regular (MR) Indica pouca compreensão do tema.	Apresenta alguns conceitos centrais do tema, mas com uma hierarquia apreciável.	As palavras de ligação e os conceitos não estão claros. Pode realizar ligações cruzadas ou não. Muitas informações detalhistas e a repetição de conceitos.
Mapa Deficiente (MD) Indica ausência de compreensão do tema.	Apresenta um ou dois conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Hierarquia básica, demonstrando ou não sequências lineares e conhecimentos muito simples. Faltam relações cruzadas, com palavras de ligação simples.

Quadro 4.3: Categorias utilizadas para analisar e classificar a qualidade dos mapas conceituais conforme Mendonça (2012).

Na avaliação do processo de ensino/aprendizagem o aspecto mais importante a ser considerado é a evolução que os alunos tiveram a partir da análise da comparação entre os mapas antes e depois. São esperados, neste último, o comparecimento de conceitos relevantes e mais gerais, melhor hierarquização e estabelecimento de relações e proposições corretas acerca do tema proposto, enquanto que, o primeiro, confeccionado antes da aplicação do material potencialmente significativo, deve trazer os conhecimentos prévios dos alunos, carregados de conceitos menos gerais e menos inclusivos.

A fim de identificar evidências de estruturas conceituais encontradas nos mapas dos alunos no estudo sobre o tema Astronomia, antes e depois do estudo, fizemos uma análise qualitativa/quantitativa comparativa, levamos em conta os seguintes critérios: número de conceitos válidos; número de ligações válidas; número de níveis hierárquicos; número de relações válidas simples entre os conceitos; número de relações válidas cruzadas entre os conceitos; tipo de estrutura do mapa.

4.2.1. Análise e Discussões dos Mapas Conceituais

4.2.1.1. Qualidade dos mapas antes da aplicação do material potencialmente significativo

A maioria dos 33 alunos incluiu em seus mapas iniciais conceitos científicos relevantes da matéria de ensino, evidenciando que possuíam conhecimentos prévios sobre o tema Astronomia. O número médio de conceitos por mapa foi de 11 conceitos, sendo que os conceitos válidos (CV) encontraram-se na média de nove conceitos por mapa, contudo necessitavam ser mais bem trabalhados. 58% dos aprendizes, que corresponde a 19 alunos, possuíam um nível de hierarquia conceitual (HC) entre baixo (B) ou nulo (N), ou seja, não obedeciam a uma sequência correta no que diz respeito ao grau de importância de um conceito em relação ao outro, dentro do tema proposto, apresentando dificuldades em estabelecer palavras de ligação entre dois conceitos. Destes 19 alunos, apenas um, o aluno E16, como mostra a Figura 4.9, obteve sucesso ao correlacionar todos os conceitos utilizando palavras de ligação, porém seu mapa conceitual, assim como os dos demais 18 alunos, é carregado de equívocos na ordenação dos conceitos, que deveriam começar do mais geral e inclusivo, como ensinado em sala de aula durante a aplicação da sequência didática, agregando progressivamente os mais específicos, com base nos princípios da diferenciação progressiva (DP).

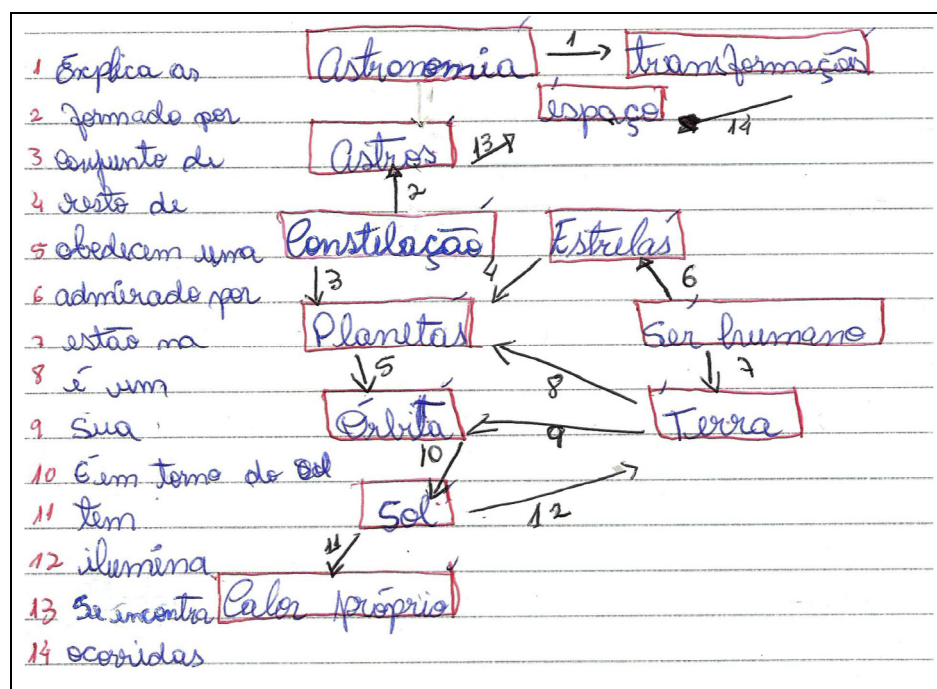


Figura 4.9: Mapa conceitual antes de E16 – Mapa Regular

A (DP) aparece classificada como alta (A) e média (M) em sete mapas, baixa (B) em 14 mapas e nula (N) em cinco mapas conceituais. Já a reconciliação integradora (RI) é classificada como alta (A) e nula (N) em igual número de mapas cinco, média (M) em oito mapas e baixa (B) em 15 mapas conceituais. Observamos também que houve um número igual de relações cruzadas (RCZ) e de exemplos (EX), num total de 04, em quatro mapas. Quanto à qualidade do mapa (QM), de acordo com as categorias apresentadas na Quadro 4.3, 13 receberam a classificação de mapa deficiente (MD), 10 mapas de mapa regular (MR) e outros 10 foram classificados como mapas classificados como mapa bom (MB). Houve ainda um aluno E14 que traz em seu mapa, como conceito principal “Galáxia”. O aluno indica com a seta, Galáxia → Planeta, como mostrado na Figura 4.10, configurando que sua hierarquia parte do conceito “Galáxia”, revelando este ser o conceito principal de seu mapa.

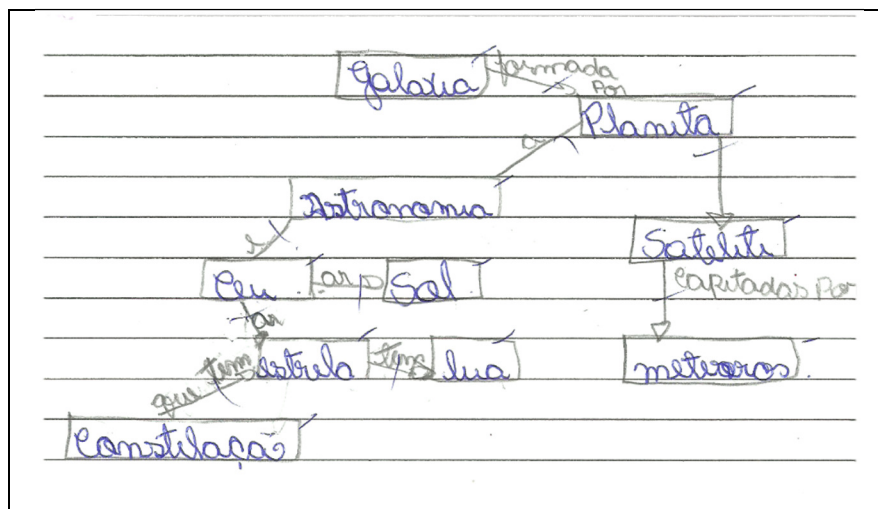


Figura 4.10: Mapa conceitual antes E14 – Mapa Deficiente

Os dados representativos da qualidade dos mapas estão registrados na Tabela 4.6, na próxima página.

Alunos	Critérios									QM
	HC	TC	CV	TP	PV	RCZ	EX	DP	RI	
E1	N	7	7	7	-	-	-	N	N	MD
E2	M	11	11	13	7	-	-	M	M	MB
E3	A	11	11	11	10	-	1	A	A	MB
E4	M	15	13	17	5	2	-	A	A	MB
E5	B	8	8	9	4	-	-	B	B	MR
E7	A	12	11	11	11	-	-	A	M	MB
E8	B	8	8	8	8	-	1	B	B	MR
E9	A	12	12	13	13	-	1	A	M	MB
E10	B	10	9	11	11	1	-	M	M	MR
E11	M	12	11	14	10	-	-	B	B	MR
E12	B	11	6	10	8	1	-	B	B	MR
E13	N	12	10	12	-	-	-	B	B	MD
E14	N	10	9	9	1	-	-	N	N	MD
E15	B	11	10	10	4	-	-	B	B	MR
E16	B	12	9	14	10	-	-	M	M	MR
E17	N	11	9	10	-	-	-	B	B	MD
E18	B	10	9	10	-	-	-	B	B	MD
E20	M	13	9	12	-	-	-	B	B	MD
E21	M	15	13	14	8	-	-	M	B	MR
E22	N	10	10	9	4	-	-	N	N	MD
E23	N	9	9	11	-	-	-	N	N	MD
E24	A	7	7	9	9	-	-	A	A	MB
E25	B	11	8	11	-	-	-	B	B	MD
E27	N	6	6	5	-	-	-	N	N	MD
E29	N	11	9	9	2	-	-	B	B	MD
E30	B	11	10	10	2	-	-	B	B	MD
E31	M	11	8	10	9	-	-	B	B	MR
E32	N	9	8	7	2	-	-	B	B	MD
E34	M	10	10	9	7	-	-	M	M	MB
E35	B	8	7	11	11	-	1	M	M	MB
E38	A	11	9	12	9	-	-	A	A	MB
E39	M	12	12	11	8	-	-	A	A	MB
E41	M	17	11	17	7	-	-	M	M	MR

Tabela 4.6: Qualidade dos mapas conceituais antes (MCA).

Obs.: **HC**: Hierarquia Conceitual; **TC** = Total de Conceitos; **CV** = Conceitos Válidos; **TP** = Total de Proposições; **PV** = Proposições Válidas; **RCZ** = Relações Cruzadas; **EX** = Exemplo; **DP** = Diferenciação Progressiva; **RI** = Reconciliação Integradora; **A** = Alta; **M** = Média; **B** = Baixa; **N** = Nula; **QM** = Qualidade do Mapa; **MB** = Mapa Bom; **MR** = Mapa Regular; **MD** = Mapa Deficiente.

dentro do tema Astronomia, observamos uma melhoria acentuada na organização hierárquica dos mapas depois da aplicação do material potencialmente significativo, se comparado ao anterior. As proposições formuladas apresentaram boa qualidade e houve um número expressivo de exemplos num total de 45, sendo que nos mapas antes houve apenas quatro exemplos. A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora apresentaram níveis altos praticamente idênticos, logo a qualidade dos mapas ficou entre mapa regular (MR), dez alunos e mapa bom (MB), vinte alunos, tendo apenas três alunos, E14, E22 e E29, classificados como mapa deficiente (MD).

Os dados desta análise estão registrados na Tabela 4.7, a seguir.

Alunos	Critérios									QM
	HC	TC	CV	TP	PV	RCZ	EX	DP	RI	
E1	M	8	7	9	3	-	-	M	M	MR
E2	A	11	11	12	9	-	-	A	A	MB
E3	A	11	10	13	7	-	1	A	A	MB
E4	A	22	21	19	6	-	-	A	A	MB
E5	B	10	10	14	7	-	-	A	A	MB
E7	A	11	11	9	8	-	3	A	A	MB
E8	M	11	11	12	10	-	1	A	A	MB
E9	A	22	20	28	28	-	5	A	A	MB
E10	B	15	13	18	16	-	4	M	M	MR
E11	M	14	14	22	18	-	-	A	A	MB
E12	B	17	11	20	15	-	-	M	M	MR
E13	B	9	9	10	4	-	4	B	B	MR
E14	B	9	9	8	-	-	-	B	B	MD
E15	B	13	11	12	4	-	-	B	B	MR
E16	M	11	10	11	7	-	-	M	M	MB
E17	M	10	10	9	-	-	-	B	B	MR
E18	A	16	11	21	14	-	7	A	A	MB
E20	M	10	10	9	5	-	-	M	M	MB
E21	M	12	8	16	4	-	3	A	A	MB
E22	B	11	11	10	-	-	-	B	B	MD
E23	B	10	10	9	3	-	-	M	B	MR
E24	A	9	9	10	10	1	-	A	A	MB
E25	M	18	13	17	1	-	2	M	M	MR
E27	A	8	7	10	9	-	-	A	A	MB
E29	B	13	12	11	-	-	-	M	M	MD
E30	M	11	6	12	6	-	5	A	M	MB
E31	A	21	15	20	20	-	4	A	A	MB
E32	B	14	9	15	10	1	-	B	B	MR
E34	M	8	7	8	6	-	1	M	M	MB
E35	A	14	12	14	9	1	3	A	A	MB
E38	A	22	21	22	10	-	-	A	A	MB
E39	M	19	18	19	8	-	-	M	M	MB
E41	M	22	17	22	3	-	2	M	M	MR

Tabela 4.7: Qualidade dos mapas conceituais depois (MCD)

4.2.1.3. Análise e discussão comparativa dos dois conjuntos de mapas

Ao compararmos os dados apresentados nas Tabelas 4.6 e 4.7, verificamos que 13 alunos (39%) antes da intervenção, elaboraram mapas conceituais deficientes, número que cai para apenas três alunos (9%) após a aplicação do material potencialmente significativo. Dentre os alunos cujos mapas eram classificados como (MD) e que agora estão na categoria (MR), destacamos o estudante E25 (Figura 4.12).

O MCA confeccionado apresenta “Astronomia” como conceito principal e coloca como conceito subordinado ao conceito geral “galáxia” e “facebook”, sendo que este último não se refere a um conceito científico, ou seja, não é um conceito válido. Os conceitos específicos ligados ao conceito subordinado “galáxia” são: “satélite”, “constelação”, “planetas”, “estrelas” e “sol”. Oito conceitos válidos fazem parte da matéria de ensino, isto indica que sua estrutura cognitiva possui subsunçores adequados para o estudo do tema, embora o estudante não tenha utilizado nenhuma palavra de ligação entre os conceitos. Sua hierarquização é frágil mostrando que ainda não esteja familiarizado com os princípios ausubelianos da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora dos conceitos.

O segundo mapa (MCD) deste aluno possui uma hierarquização vertical do topo para a base. O conceito geral permanece o mesmo do (MCA) e como conceitos subordinados o estudante usou: “galáxia” e “ensino”. O conceito “galáxia” está ligado ao conceito específico “constelação” e por meio de diferenciação progressiva ao conceito “planetas” e “movimento retrógrado”, indicando que quem executa o movimento retrógrado são os planetas. Apesar do mapa não formar proposições observa-se que o aluno se apropriou de conceitos novos estudados na matéria de ensino, demonstrando uma evolução conceitual, visto que em seu mapa encontramos exemplos ligados ao conceito específico “estrela”: “aldebaran” e “três marias”. Por estas razões foi considerado com mapa regular (MR).

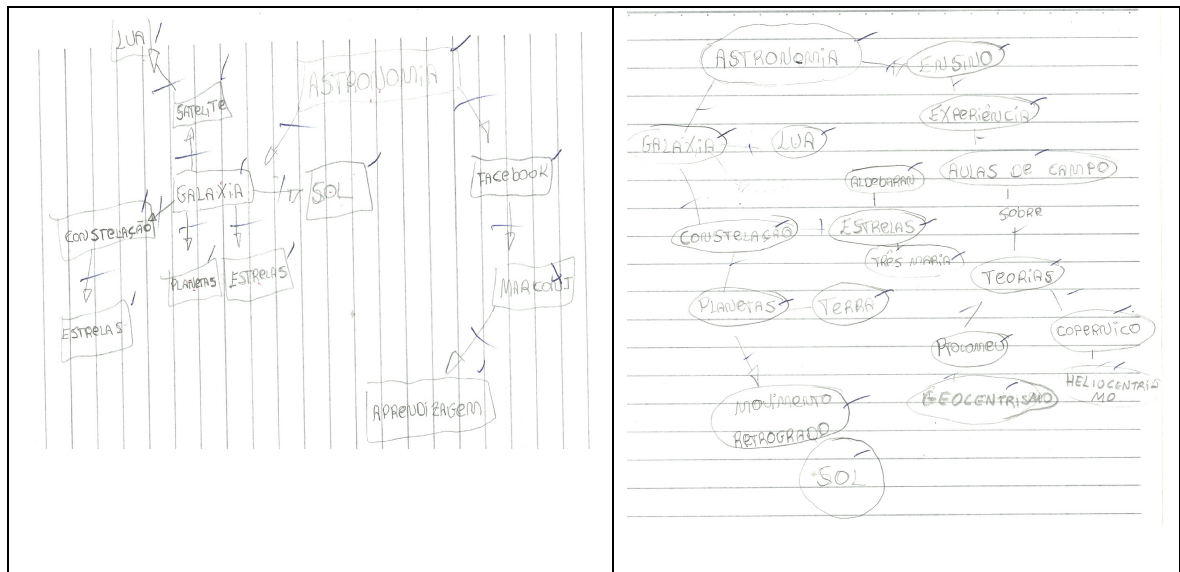


Figura 4.12: A esquerda MCA – Mapa Deficiente e a direita MCD – Mapa Regular. Aluno E25

O número de mapas classificados como regulares (MR) se manteve, 10 alunos. Notamos também que houve um aumento no número de mapas bons, antes da intervenção dez mapas (30%), subindo para 20 alunos (61%), após aplicação do material potencialmente significativo.

Analisando os mapas individualmente, observa-se que dos 13 alunos cujos mapas foram categorizados como MD, apenas três alunos E14, E22 e E29, mantiveram-se nesta categoria, demonstrando não terem progredido ao longo do período da aplicação do material potencialmente significativo. Dentre os dez alunos que foram classificados como MR, seis apresentam evolução positiva, produzindo mapas bons, como é o caso do estudante E31, como mostra a Figura 4.13, denotando seu grau de evolução.

de ensino. Observamos que este novo mapa traz novas informações que não estavam presentes no mapa inicial. Não houve nenhum aluno que retrocedeu de categoria, ou seja, a situação apresentada indica um avanço na aprendizagem conceitual e uma resposta positiva à intervenção aplicada.

De posse do conjunto de mapas conceituais confeccionados antes e depois da aplicação do material potencialmente significativo, a análise aponta existência de conhecimentos prévios na maioria dos alunos sobre o tema proposto, possibilitando ancoragem para novos conceitos. Observamos que a aquisição dos novos conhecimentos possibilitou a melhoria das representações externas dos significados atribuídos pelos alunos sobre o conceito Astronomia. Quanto àqueles alunos que não conseguiram avançar conceitualmente em seu mapa depois da intervenção, ou seja, que permaneceram nas categorias MD e MR, nas quais foram classificados inicialmente, atribuímos este fato à possível falta de potencialidade do material aplicado com relação a estes alunos, associada a uma atitude desfavorável dos mesmos em querer aprender, realidade comum de ser vivenciada no contexto da escola na qual foi realizada esta pesquisa, pois a mesma recebe alunos oriundos de outras redes apresentando defasagem conceitual em relação à matéria de ensino para o nível de escolaridade em que se encontram.

A análise dos mapas confeccionados antes da aplicação do material potencialmente significativo possibilitou identificarmos mais precisamente o conhecimento de cada um dos 33 alunos envolvidos na pesquisa sobre o tema Astronomia, fornecendo um norte a seguir em virtude das dificuldades identificadas na hierarquização dos conceitos, na diferenciação progressiva e na reconciliação integradora. Desse modo, a matéria de ensino pode ser adequada buscando dar mais ênfase àquilo que os alunos tinham mais dúvidas, onde os erros mais gritantes apareceram, a fim de garantir que o tema proposto possa ser aprendido de forma mais eficaz. Desse modo a elaboração dos mapas conceituais favoreceu a interpretação, a integração e a comunicação dos conceitos adquiridos aos conceitos já existentes na estrutura cognitiva dos alunos, facilitando desta forma a aquisição da matéria de ensino de maneira substantiva e não arbitrária, o que podemos observar na tabela 4.7, indicando que a maioria dos alunos teve um avanço em relação a qualidade dos mapas conceituais, (QM), mostrados na Tabela 4.6.

A utilização do mapa conceitual como ferramenta de avaliação permitiu perceber a evolução dos significados por eles atribuídos aos conceitos estudados, como também auxiliou a alfabetizar cientificamente os alunos, com conceitos e relações novas entre conceitos, tanto entre os que eles já tinham previamente, quanto entre estes e novos conceitos que lhes foram apresentados, evidenciando assim o favorecimento de uma aprendizagem significativa.

5. CONCLUSÕES

A pesquisa teve como propósitos desenvolver uma sequência didática de temas relevantes de Astronomia, a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, e verificar se ela favoreceu a aprendizagem significativa dos estudantes, à luz dos referenciais teóricos utilizados.

Conhecer o aprendiz, preocupando-se com que ele já entende sobre o assunto, foi fundamental para a pesquisa, pois ao elaborarmos a sequência didática, tivemos sempre como meta principal a promoção de uma aprendizagem significativa, conforme preconizada por David Ausubel, tornando possível assim nos orientarmos em relação ao tema proposto e adequá-lo ao anseio dos alunos. Por esta razão, destacamos dois pontos de nosso trabalho: as atividades propostas pela sequência didática e sua capacidade de promover uma aprendizagem significativa.

A utilização da ferramenta mapa conceitual antes da aplicação da sequência didática e logo após os questionários, possibilitou aos alunos demonstrarem suas concepções sobre o tema, de maneira mais abrangente, complementando o levantamento de suas concepções por meio dos questionários. As questões abertas dos questionários, por sua vez, permitiram avaliar, de maneira mais específica, a aprendizagem acerca da observação e reconhecimento dos astros e seus movimentos no céu e sobre os modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico, revelando evidências tanto de aprendizagem significativa, como também, nalguns casos, de aprendizagem mecânica, como no caso do conceito de movimento retrógrado, e a persistência de uma concepção geocêntrica de universo, indicando, assim, pontos importantes em que a metodologia adotada na execução da sequência necessita ser aperfeiçoada. Possivelmente esses problemas poderiam ser resolvidos se no momento da abordagem do conteúdo o professor-pesquisador tivesse dado maior ênfase na problematização da questão da relatividade do movimento, de como ele varia de acordo com o referencial utilizado.

As atividades propostas pela sequência didática contribuíram significativamente para o aprendizado dos alunos, visto que na atividade de observação do céu a olho nu, em muitos relatos descritos no diário de bordo e no *Facebook*, os estudantes se diziam nunca terem “olhado” para o céu daquela maneira, como se aquilo que estivessem vendo fosse colocado ali, no céu, há pouco tempo. Quando na observação com o

telescópio e na visita ao Planetário de Vitória, pude perceber que realmente a Astronomia desperta um verdadeiro fascínio e admiração nas pessoas, os alunos simplesmente ficaram incrédulos ao observarem os planetas Marte e Júpiter, com as suas quatro famosas luas: Calisto, Europa, Ganímedes e Io, e obviamente a nossa Lua, em sua fase crescente. Estas duas atividades agregaram valores preciosos à sequência didática, pois foi através delas que conseguimos propiciar aos estudantes um encontro da aula teórica com a aula prática, aquilo que vimos durante as aulas no *power point* e na aula de vídeo sobre o planeta Júpiter, os estudantes puderam verificar, com seus próprios olhos, as diferenças existentes entre planetas e estrelas.

A análise do mapa conceitual e questionários aplicados antes da intervenção apontou que a maioria possuía algumas ideias prévias sobre Astronomia, com alguns demonstrando conhecimentos relevantes e dispondo de subsunçores mais elaborados para o tema em questão, facilitando sua aprendizagem significativa, e a incorporação de novas ideias de modo substantivo na sua estrutura cognitiva.

De forma geral, os resultados das avaliações de aprendizagem dos conteúdos trabalhados durante a sequência didática, tanto por meio dos questionários quanto dos mapas conceituais, mostraram que houve uma melhoria no conhecimento dos alunos, mesmo havendo respostas incompletas, incorretas e evidências de alguma aprendizagem mecânica, como no caso do conceito e explicação de movimento retrógrado, verificadas por meio dos questionários. Ao final os alunos adquiriram conceitos novos e mais próximos dos científicos, sendo capazes de confeccionar mapas conceituais com elevado número de conceitos válidos e com boa hierarquização.

Esses resultados sugerem que a utilização de atividades práticas realizadas dentro da escola como a realização da oficina utilizando o próprio corpo para simular o movimento dos planetas e de atividades extraclasse como a visita ao Planetário de Vitória, facilitaram a evolução conceitual dos alunos demonstrada na incorporação progressiva de conhecimentos de caráter científico relevantes em relação aos temas estudados na sequência didática. A ocorrência de resposta positiva na escolha do tema Astronomia, observada durante as aulas e via *Facebook*, registrada no diário de bordo do professor/pesquisador e a metodologia adotada na sequência didática, justificam a utilização das atividades propostas.

Observou-se também que a inserção dos mapas conceituais como instrumento de verificação da aprendizagem, nos dois momentos antes e depois da aplicação do material potencialmente significativo, permitiu dizer que houve uma evolução quantitativa e qualitativa dos conceitos apresentados pelos alunos, mesmo que alguns questionários não apresentassem respostas corretas, ao compararmos os mapas confeccionados antes e depois da aplicação do material potencialmente significativo, a maioria dos alunos expressou uma boa hierarquização, correlacionando os conceitos com preposições de alta qualidade, desta forma foi possível verificar que as relações estabelecidas abrangiam todo o conteúdo proposto. Isto se deve ao fato de, grande parte dos alunos apresentarem “disposição para aprender significativamente”, levando-se em conta que havia uma boa relação afetiva deles entre si e com o professor-pesquisador. Além disso, mostraram-se receptivos ao tema Astronomia.

Porém como afirma (MENDONÇA, 2012):

Pode-se afirmar que não há conteúdos totalmente significativos, eles são apenas potencialmente significativos para uns alunos, e não para outros. Para ser potencialmente significativo para um aluno, o conteúdo deve ter significado lógico, ou seja, deve estar dentro dos limites da sua capacidade de compreensão, para que possa ser apreendido significativamente.

Como já fora citado acima, outro ponto da sequência didática que merece destaque foi o acompanhamento dos alunos via *Facebook*, ferramenta que tornou possível uma interatividade maior entre os aprendizes e o professor/pesquisador, já que todos os alunos têm acesso a computadores ligados a internet.

Consideramos, assim, que o objetivo de utilizar uma sequência didática como recurso de ensino e de aprendizagem foi alcançado, pelo fato de os alunos ao final terem demonstrado saber mais sobre os temas propostos do que no início do processo e, especialmente, pela aceitação dos novos recursos trabalhados, como o software *Stellarium*, a observação do céu e visita a um planetário, até então desconhecidos para eles.

A maioria dos estudantes se mostrou disposto a aprender, encarando como de extrema necessidade conhecer além daquilo que já sabiam. O fascínio pelo tema

Astronomia proporcionou grande interesse pelas aulas o que, sem dúvida, ajudou no sucesso da sequência didática.

A experiência aqui descrita permite confirmar que uma metodologia com enfoque em um conteúdo significativo para o estudante e incluindo sua participação ativa em atividades práticas – de observação do céu e de simulação dos movimentos dos astros, no nosso caso – é eficaz para despertar nele o prazer pela ciência, a construção de significados e a valorização do que está sendo aprendido, sobretudo quando buscamos conhecer de fato o que o aluno sabe e procuramos ensiná-lo de acordo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tarefa de introduzir temas de Astronomia no contexto do terceiro ano do ensino médio da escola onde foi realizada a pesquisa, dentro da disciplina de Física, não foi fácil, visto que a escola carece de equipamentos para o ensino da Astronomia. Cabe destacar aqui que a falta destes equipamentos assim como de laboratórios de ciências, não é um caso particular da escola onde a pesquisa foi realizada, isto é um drama vivenciado por quase todos os docentes do ensino de Ciências Naturais do Estado do Espírito Santo.

Porém, graças ao empenho e dedicação dos profissionais envolvidos, corpo docente da escola e pedagógico, bem como o apoio oferecido pelo Observatório Astronômico da UFES, vinculado ao Departamento de Física, e ao Planetário de Vitória, vinculado à UFES e à Prefeitura Municipal de Vitória, conseguimos levar aos alunos um pouco daquilo que adquirimos durante anos de estudo e implementar a sequência didática com sucesso.

Destacamos que é possível trabalhar temas de Astronomia junto a conceitos de Ciências Naturais, utilizando-a para entender fenômenos, fazer medidas, seguindo a ideia de que o céu pode ser um laboratório para além da sala de aula, acreditamos e sustentamos que assuntos referentes à Astronomia são apropriados e altamente motivadores para estudantes da Educação Básica, conforme os resultados obtidos neste trabalho, além do mesmo envolver atividades extraclasse, buscando complementar o trabalho docente em sala de aula.

Espera-se com este trabalho incentivar novas estratégias de ensino-aprendizagem e o desenvolvimento de novas pesquisas nesta rota, oferecendo maior contribuição para os docentes da área Ciências da Natureza, bem como a consolidação no currículo escolar capixaba de temas de Astronomia, já que este conteúdo é recomendado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000) e pela Proposta Curricular do Estado do Espírito Santo (SEDU, 2009).

Contudo, cabe observar que, para que a construção e implementação de estratégias metodológicas inovadoras, como as apresentadas neste trabalho, promovam mudanças, devemos romper com as tradicionais práticas de ensino desenvolvidas na

educação brasileira, sendo necessária a participação de todos os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem.

7. REFERÊNCIAS

AFONSO G. Mitos e Estações no Céu Tupi-Guarani. **Scientific American Brasil**, Brasil, fev. 2006, p. 38. Disponível em <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/mitos_e_estacoes_no_ceu_tupi-guarani.html>. Acesso em: 17 jan. 2013.

AFONSO G. **As Constelações Indígenas Brasileiras**. Disponível em: <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/indigenas.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2013.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J.D. & HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Interamericana Ltda, Rio de Janeiro, 1980. 625 p.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003. 227 p.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, LDA, 2006. 229 p.

BARROS, Marconi Frank. **Astrofísica**. Página de grupo do *Facebook* para apoio ao desenvolvimento da sequência didática “Os Movimentos dos Planetas e os Modelos de Universo”, criada em 8 de fevereiro de 2013. Disponível em: <<https://www.facebook.com/groups/150642268426624/>>.

BISCH, Sérgio Mascarello. **Astronomia no Ensino Fundamental: Natureza e Conteúdo do Conhecimento de Estudantes e Professores**. São Paulo: USP, 1998, 301 p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.btdea.ufscar.br/arquivos/td/1998_BISCH_T_USP.pdf>. Acesso em 20 mar. 2013.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais (1ª a 4ª Série)**. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais (5ª a 8ª Série)**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>>. Acesso em 20 mar. 2013.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica, **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2012.

BRETONES, Paulo Sergio. **Banco de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia: Implantação, Dificuldades e Possíveis Contribuições**. In: I SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 2011, Rio de Janeiro. **Atas eletrônicas...** Disponível em: <<http://snea2011.vitis.uspnet.usp.br/?q=lista-de-trabalhos-do-i-snea-2011>>. Acesso em: 15 mar. 2014.

BRETONES, P. S.; COMPIANI, M. **A observação do céu como ponto de partida e eixo central em um curso de formação continuada de professores**. Rev. Ensaio, v 12, n. 2: p. 173-188. Belo Horizonte. mai-ago de 2010.

CANALLE, J. B. G., MOURA, R. **Oficina de Astronomia**. Não editada: Apostila, 1998. Disponível em: <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/oficina.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2014.

GODINHO, M. J. F.; ARAUJO, V.C.; FERRACIOL I, L. (2011) **Centros de Ciência, Educação e Cultura: Um Relato de Atividades de Espaços Não Formais de**

Educação do Município de Vitória, ES. Anais do 1o Encontro Nacional da Associação de Centros e Museus de Ciência. Rio de Janeiro, 29 Março-01 Abril, 2011.

HISTORY CHANNEL. **Júpiter – o Planeta Gigante.** Vídeo sobre o planeta Júpiter produzido pelo History Channel. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=oJdp161GUu0>>. Acesso em: 01 fev. 2013.

KUHN, S. T. **A Revolução Copernicana.** Lisboa: Edições 70, LDA, 1990. 333 p.

KUHN, S. T. **A Estrutura das Revoluções Científicas.** 3^o ed. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1990. (Debates 115), 333 p.

LANGHI, Rodolfo. Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. **Cad. Bras. Ens. Fis.**, v.28, n.2, pp. 373-399, ago/2011.

LEBOFSKY, Larry; LEBOFSKY, Nancy; HIGGINS, Michelle; McCarthy, Don. A Human-Powered Orrery: Connecting Learners with the Night Sky. **The Universe in the Classroom**, San Francisco, n. 82, p. 1-5, winter 2013. Disponível em: <<http://astrosociety.org/wp-content/uploads/2013/02/uitc82.pdf>>. Acesso em 20 fev. 2013.

LEITE, Cristina. **Formação do Professor de Ciências em Astronomia: Uma Proposta com Enfoque na Espacialidade.** São Paulo: USP, 2006, 274 p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-05062007-110016/ptbr.php>>. Acesso em 20 mar. 2013.

LEMONS, L. S. Aprendizagem Significativa: Estratégias Facilitadoras e Avaliação. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v.1, n° 1, abril. 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID3/v1_n1_a2011.pdf>. Acesso em: 28 maio 2013.

MENDONÇA, Conceição Aparecida Soares. **O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais e Biologia.** Burgos: Universidad de Burgos, 2012. 348 p. Tese de Doutorado, Programa Internacional de Doutorado Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Didácticas

Específicas. Burgos, 2012. Disponível em:
<<http://dspace.ubu.es:8080/tesis/bitstream/10259/192/1/Mendo%C3%A7a.pdf>>.

Acesso em: 26 nov. 2013.

MORAES, Roque. **Análise de conteúdo**. Revista Educação, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária (EPU), 1999. 201 p.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: Editora da UnB. 1999. 129 p.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v.1, n° 3, dez. 2011. Disponível em:
<http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf>. Acesso em: 21mar. 2013.

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, Santiago, Chile: v. 4, n. 2, p. 38-44, 2005. Disponível em:
<<http://moreira.if.ufrgs.br/mapasport.pdf>>. Acesso em 21 mar. 2013.

MOREIRA, M. A. Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, Santiago, Chile: v. 7, n. 2, p. 23-30, 2008. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/ORGANIZADORESport.pdf>>. Acesso em 21 mar. 2013.

MPEA/IAG/USP. **Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia do Instituto de Astronomia e Ciências Atmosféricas da USP**. Homepage com informações sobre o Programa. Disponível em: <<http://www.iag.usp.br/pos/node/8155>>. Acesso em: 15 maio 2014)

NOGUEIRA, Salvador. **Astronomia: ensino fundamental e médio** / Salvador Nogueira, João Batista Garcia Canalle. Brasília: MEC, SEB; MCT; AEB, 2009. 232 p.: il. – (Coleção Explorando o Ensino; v. 11).

NOVAK, J. D. & GOWIN, D.B. **Aprender a Aprender**. Plátano, Lisboa, 1996. 212 p.

OBA.ORG. **Olímpiada Brasileira de Astronomia e Astronáutica**. Homepage com informações sobre a Olímpiada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. Disponível em: <<http://www.oba.org.br/>>. Acesso em: 15 mar. 2014.

SEDU. Secretária de Estado da Educação do Espírito Santo, **Currículo Básico Escola Estadual – Guia de Implementação**. v. 2, Ensino Médio - Área de Ciências da Natureza. Vitória: SEDU, 2009. Disponível em: <http://www.educacao.es.gov.br/download/sedu_curriculo_basico_escola_estadual.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

SNEA 2011. **I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia**. Homepage com informações sobre o evento. Disponível em: <<http://snea2011.vitis.uspnet.usp.br>>. Acesso em: 25 junho 2013.

SNEA 2012. **II Simpósio Nacional de Educação em Astronomia**. Homepage com informações sobre o evento. Disponível em: <<http://snea.if.usp.br/home>>. Acesso em: 25 junho 2013.

STELLARIUM.ORG. **Stellarium 0.12.0**, jan 2013. Software livre do tipo planetário. Disponível em: <<http://www.stellarium.org/>>. Acesso em 24 jan. 2013.

TRIVINÕS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo, Atlas, 1987.

WEB SYLLABUS. **Dept. Physics & Astronomy University of Tennessee**. Disponível em: <<http://csep10.phys.utk.edu/astr161/lect/retrograde/aristotle.html>>. Acesso em 20 fev. 2013.

APÊNDICE

Sequência Didática

Os Movimentos dos Planetas e os Modelos de Universo

A.1 Introdução

A sequência didática, com diz seu título, tem como tema principal os movimentos dos planetas e os modelos de Universo, geocêntrico e heliocêntrico. Ela envolve a realização tanto de atividades em sala de aula, quanto de atividades extraclasse, tais como observações do céu e visita a planetários e observatórios, bem como atividades práticas utilizando o próprio corpo. Propõem-se também a aplicação de questionários, como os ilustrados nas seções A.4 e A.5 deste Apêndice, visando o levantamento dos conceitos iniciais dos estudantes relacionados ao tema principal, como o que é possível observar no céu, os movimentos dos astros, as concepções de planeta e estrela, a estrutura do sistema solar e os movimentos dos planetas com relação ao Sol, e as dimensões e distâncias relativas entre o Sol, a Terra, a Lua, planetas e estrelas.

Esse levantamento é importante e deve ser encarado como parte essencial da sequência pois, por um lado, permite ao professor adequar sua intervenção – suas aulas, conteúdo a ser enfatizado e metodologia efetivamente utilizada – a esses conceitos, visando a promoção de uma aprendizagem significativa, pois, conforme expresso por Ausubel: "O fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Descubra isso e ensine-o de acordo." (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Por outro lado, o levantamento das concepções iniciais dos estudantes também permite uma avaliação da aprendizagem ensejada pela realização da sequência, mediante a comparação dessas concepções iniciais e relações estabelecidas entre elas com as apresentadas após a sua realização, que podem ser inferidas pela reaplicação de questionários semelhantes, mas não necessariamente iguais, aos iniciais, como o questionário C, ilustrado na seção A.12.

Além de questionários, outra atividade interessante que pode ser associada à sequência é a elaboração de mapas conceituais (MOREIRA, 2005; MENDONÇA, 2012) pelos estudantes, que permitem tanto avaliar como facilitar a ocorrência de uma aprendizagem significativa, os quais foram utilizados no nosso caso, de desenvolvimento de um projeto de mestrado profissional cujo produto é a presente sequência didática, servindo como um dos instrumentos para a realização da pesquisa.

O importante a ressaltar é que, seja por meio de questionários, mapas conceituais ou outra ferramenta que permita uma pesquisa e levantamento das concepções iniciais dos estudantes, de acordo com nossa proposta, este levantamento deve ser considerado parte integrante e ponto de partida para o desenvolvimento da sequência.

O planejamento e estruturação exata das atividades a serem realizadas na sequência devem ser adaptados aos resultados desse levantamento, buscando promover uma evolução dos conceitos iniciais dos estudantes no sentido de aproximá-los, significativamente, da conceituação científica. Caberá, também, ao professor adequar a sequência, suas atividades, conteúdo e metodologia, ao contexto local, de sua escola. A estruturação, atividades e material que a seguir apresentaremos devem ser encarados como um exemplo, uma proposta – elaborada com base em resultados de pesquisas na área da Educação em Astronomia e inspirada na Teoria da Aprendizagem Significativa –, a qual, esperamos, seja inspiradora e sirva de apoio firme para a aplicação de sequências semelhantes por outros docentes da Educação Básica, mas que não deve ser encarada de forma rígida, mas sim flexibilizada e adaptada ao contexto local em que será aplicada.

A.2 Objetivos

A sequência didática “Os Movimentos dos Planetas e os Modelos de Universo” tem os seguintes objetivos principais:

- *Ensinar sobre a natureza da ciência*: mostrando que ela é um processo que avança por meio da elaboração de hipóteses e construção de modelos e verificação de sua coerência com as observações, exemplificando isso por meio da apresentação e discussão dos modelos geocêntrico e heliocêntrico, como o movimento planetário é explicado em cada um deles e quais as provas observacionais e argumentos teóricos que nos levam a crer que o modelo heliocêntrico é o mais apropriado.
- *Ensinar conceitos e princípios de Física*: a importância dos referenciais e a relatividade do movimento, mostrando que todo movimento sempre é relativo, isto é depende do referencial utilizado para sua observação, por meio da comparação entre os chamados “movimentos reais” (referencial heliocêntrico) e “aparentes” (referencial geocêntrico) dos planetas; velocidade linear versus velocidade angular, com a aplicação destes conceitos à explicação do fato de as estrelas parecerem fixas no

céu; movimento circular e leis do movimento, abordando a cinemática e dinâmica do movimento circular e sua aplicação ao movimento dos planetas; Lei da Gravitação Universal de Newton, com a formulação da lei e sua aplicação ao movimento dos planetas, mostrando que a variação com a distância, da força de atração gravitacional do Sol sobre os planetas, faz com que quanto mais longe, mas lento seja o planeta.

- *Ensinar Astronomia e sua História*: constelações, sua origem e conceito atual, sua relação com a cultura de cada povo, reconhecimento de algumas das principais constelações no céu: Órion, Touro, Cruzeiro do Sul (ocidentais), Ema (tupi-guarani); planetas do sistema solar, abordando a origem histórica do conceito (astros errantes), sua observação a olho nu, sua natureza (terrestres rochosos e gigantes gasosos), seus movimentos (rotação e translação); história da Astronomia, abordando a Astronomia na Antiguidade, os modelos geocêntrico e heliocêntrico de universo e a explicação do movimento retrógrado dos planetas de acordo com cada um destes modelos.

A sequência busca, primordialmente, uma articulação e integração entre as atividades em sala de aula com as extraclasse, com as últimas buscando promover um contato mais direto com os objetos de estudo da Astronomia – os astros – e uma melhor apreensão de sua tridimensionalidade, de seus movimentos e da sua distribuição no espaço cósmico, tendo em vista que a representação espacial dos fenômenos astronômicos é um dos grandes “nós” do ensino de Astronomia (LEITE, 2006; BISCH, 1998).

A.3 Estrutura e Cronograma da Sequência

A carga horária estimada para realização da sequência, totalizando cerca de vinte horas, deve ser distribuída de maneira quase igual entre as atividades em sala de aula e extraclasse, estendendo-se por cerca de cinco semanas, ou seja, um pouco mais de uma luação¹, permitindo a observação, por exemplo, da Lua Crescente e da região do céu onde ela aparece, primeiro a olho nu, depois com telescópio, em dois momentos distintos, espaçados cerca de um mês.

É importante ressaltar, mais uma vez, que os questionários de levantamento de conceitos iniciais e finais e as atividades com mapas conceituais devem ser encarados como parte integrante da sequência, uma vez que permitem uma adequação da sequência aos conhecimentos prévios dos alunos e uma avaliação da aprendizagem ocorrida em função dela, fornecendo subsídios para seu aperfeiçoamento.

Ao longo das aulas expositivas aconselha-se a elaboração de um diário de bordo com intuito de acompanhar o desenvolvimento das atividades propostas e fazer modificações, se necessárias, na sequência didática proposta. O material potencialmente significativo aqui apresentado não deve ser encarado como algo fechado como um livro didático, mas sim algo passível de modificações, buscando-se seguir a diretriz de que é fundamental conhecer o que o aluno já sabe sobre o assunto para, a partir daí, planejar e desenvolver as aulas e atividades extraclasse. Evidentemente, também, é necessário considerar o contexto real e disponibilidade de recursos para a eles adaptar a sequência que será desenvolvida, bem como, no caso das atividades de observação do céu, a olho nu e com telescópios, considerar os objetos mais interessantes visíveis no céu à época de realização da sequência. Em nosso caso, em que a sequência foi trabalhada durante o período de fevereiro a abril de 2013, o planeta Júpiter, por exemplo, estava em evidência e, portanto, recebeu especial atenção, tendo sido o tema do vídeo motivador exibido no início da sequência e um dos alvos preferenciais das observações a olho nu e com telescópio.

Também indica-se a realização de um acompanhamento das aulas de forma semipresencial por meio de uma rede social, como o *Facebook*, com o professor-pesquisador criando uma página para que os alunos troquem entre si e com o

¹ Espaço de tempo entre duas fases iguais e consecutivas da Lua, como, por exemplo, entre duas Luas Novas ou duas Luas Cheias, que é de cerca de 29,5 dias.

professor informações, curiosidades e novidades sobre Astronomia, bem como fomentar a interatividade das aulas presenciais, com postagens diárias de material didático. Desta maneira o *Facebook* torna-se um mediador entre o professor-pesquisador, que pode acompanhar melhor seus alunos, aumentando o tempo das aulas e trazendo para eles algo que pudessem se comunicar sem estarem na sala de aula.

No Quadro A.3.1, a seguir, apresentamos a estrutura e cronograma sugeridos para aplicação da sequência, os quais foram seguidos na versão da sequência aplicada durante o projeto a que se refere a presente dissertação, realizada durante os meses fevereiro a abril de 2013.

Quadro A.3.1: Atividades e cronograma de execução

ATIVIDADE	DURAÇÃO (aulas*)
Aplicação do 1º Questionário (A) e Mapa Conceitual.	2 aulas
Aplicação do 2º Questionário (B):	1 aula
Vídeo motivacional “Júpiter – o Planeta Gigante”, sobre o planeta Júpiter:	1 aula
<p>1 - Aulas expositivas com o auxílio de <i>data-show</i> e leitura e discussão do texto “História da Astronomia: da Antiguidade a Gamow”.</p> <p>1.1 - Observação do Céu olho nu (antes do Stellarium), tarefa de casa.</p> <p>1.2 - Introdução ao software Stellarium.</p> <p>1.3 - Observação do Céu (pós-Stellarium), tarefa de casa.</p> <p>2 – Retomada das aulas expositivas com o auxílio do <i>data-show</i> e leitura e discussão do texto “História da Astronomia: da Antiguidade a Gamow”.</p> <p>3 - Ida ao Planetário da UFES, sessão “Movimentos dos Astros”. Questão/problematização: Como explicar o estranho movimento retrógrado dos planetas?</p> <p>4 - Observação do céu na escola com o auxílio de telescópio – observação da Lua e da “estrela” brilhante (o planeta Júpiter) registrada na atividade inicial de observação do céu a olho nu.</p> <p>5 – Atividade usando o próprio corpo: simulação do movimento dos planetas segundo os modelos geocêntrico (Ptolomeu) e heliocêntrico (Copérnico), visando à reprodução do movimento retrógrado.</p>	14 Aulas

6 - Aplicação do 3º Questionário (reaplicação do Questionário B) e de um novo Mapa Conceitual.	2 aulas
7 - Aplicação do 4º Questionário (C)	1 aula

* A duração de cada aula sendo de 55 minutos.

Ressaltamos também a importância de que, durante a aplicação efetiva da sequência por um professor da Educação Básica com seus alunos, o mesmo possa contar com o apoio e assessoria de profissionais com experiência na área da Educação em Astronomia. Esses profissionais, a princípio, podem ser encontrados em espaços de educação não-formais, dedicados à divulgação da Astronomia, como planetários e observatórios didáticos. Esse apoio representaria uma forma importante de estes espaços contribuírem para a formação continuada dos professores. No caso do projeto associado à presente dissertação, contamos com o apoio de profissionais do Planetário de Vitória e Observatório Astronômico da UFES, Vitória, ES. Nas seções seguintes apresentamos o material que foi concretamente utilizado nesse projeto.

Por fim, mais uma vez ressaltamos o fato de que a estrutura e o material a seguir apresentado consistem numa sugestão e exemplo de estrutura a ser seguida e material a ser utilizado numa sequência didática que pode ser aplicada no Ensino Médio, visando ensinar conceitos de Astronomia, de sua história e de como ocorre o processo de evolução da ciência, por meio da formulação de modelos e sua comparação com a experiência/observação, do qual o histórico embate entre os modelos geocêntrico e heliocêntrico é um exemplo emblemático. Contudo a proposta aqui apresentada não deve ser encarada de forma rígida. Em eventuais novas edições, a mesma não pode deixar de ser adaptada às condições locais, ao contexto vivenciado pelos alunos, professor e escola, bem como ao céu visível na ocasião, pois as atividades sugeridas de observação do céu devem seguir um roteiro adaptado à época e local de onde serão feitas as observações. A proposta aqui apresentada certamente pode passar por diversos aperfeiçoamentos. Embora tenhamos obtido boa margem de sucesso na promoção de uma almejada aprendizagem significativa, também ocorreram algumas falhas, conforme discutido nas seções de apresentação de resultados e conclusões da dissertação. Nossa expectativa é de que a presente proposta sirva de inspiração para novas edições aperfeiçoadas da mesma.

A.4 Questionário A

1. O que é possível ver no céu quando olhamos para ele numa noite sem nuvens?

2. O que é uma constelação?

3. Você sabe identificar alguma constelação no céu?

() Não

() Sim. Qual(is)? _____

4. O que é um planeta?

5. O que é uma estrela?

6. Que diferença(s) existe(m) entre um planeta e uma estrela?

7. Você acha que é possível ver algum planeta quando olhamos para o céu a olho nu?

() Não

() Sim. Qual(is)? _____

8. O que é uma galáxia? _____

9. Você acha que é possível ver alguma galáxia quando olhamos para o céu a olho nu?

() Não () Sim. Qual(is)? _____

Nas duas questões a seguir, marque V nos itens que você achar corretos e F nos que você achar errados:

10. Com relação às estrelas que podemos ver no céu a noite, podemos dizer que:

() Elas são sempre as mesmas, todas as noites e em qualquer horário.

() Elas são diferentes no início e no final da mesma noite.

() Se olharmos para o céu em noites diferentes, mas sempre no mesmo horário, veremos sempre as mesmas estrelas.

() Se olharmos para o céu em noites diferentes, mas sempre no mesmo horário, veremos que o céu muda com o passar dos dias: algumas estrelas que estavam visíveis desaparecem e outras, que não eram visíveis, aparecem.

11. Quanto à posição da Lua com relação às estrelas, podemos afirmar que:

- () As estrelas que vemos ao lado da Lua são sempre as mesmas, todos os dias.
- () Com o passar dos dias, a Lua muda de posição com relação às estrelas.
- () Numa mesma noite, com o passar das horas, podemos ver que a Lua muda de posição com relação às estrelas.
- () Algumas estrelas ficam mais próximas de nós do que a Lua, outras ficam mais distantes;
- () Todas as estrelas ficam muito mais distantes de nós do que a Lua.

A.5 Questionário B

1. No centro da figura abaixo está representada uma estrela brilhante (o ponto maior) que é vista junto ao horizonte leste, no início do verão, no mês de dezembro, por volta das oito horas da noite e algumas outras estrelas (pontos menores), menos brilhantes, por alguém que está observando o céu a partir de um local situado na zona rural do Espírito Santo:



Com o passar das horas, nesta mesma noite, esta estrela se moverá ou permanecerá fixa, na mesma posição, com relação a este horizonte?

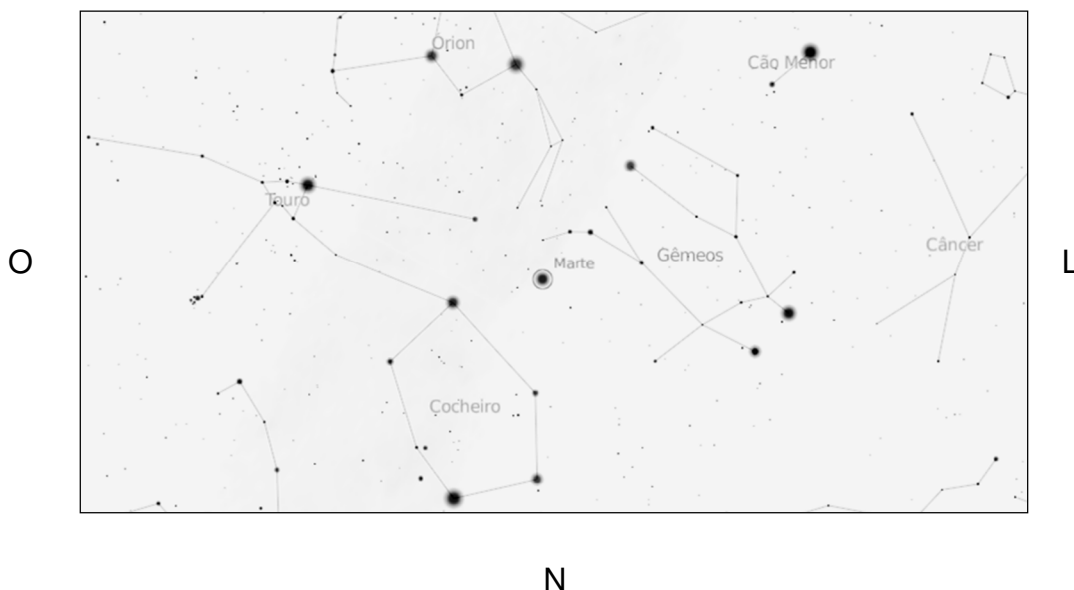
() Não se moverá.

() Sim, se moverá. Neste caso:

(a) Desenhe uma seta sobre a figura, indicando em que direção você acha que esta estrela se moverá com relação ao horizonte a medida que as horas passam.

(b) Faça o mesmo para as demais estrelas que aparecem na figura, indicando, por meio de setas, em que direção cada uma delas se moverá a medida que as horas passam.

2. O mapa celeste mostrado na figura abaixo indica a posição do planeta Marte no céu, entre estrelas das constelações do Touro e de Gêmeos, conforme seria visto por um observador que estivesse, no Espírito Santo, olhando para o céu e voltado de frente para o norte, com o leste à sua direita, oeste à esquerda e o sul nas suas costas, por volta da meia-noite de um dado dia do ano:



Se esse mesmo observador olhar para Marte nas noites seguintes, você acha que ele poderá verificar que o planeta:

() Não se moverá com relação às estrelas, ficando sempre na mesma posição indicada no mapa.

() Se moverá com relação às estrelas, mudando de posição no mapa. Neste caso:

Desenhe uma seta sobre a figura, indicando em que direção você acha que Marte se moverá com relação às estrelas a medida que os dias passam.

3. (a) Qual é o astro que fica mais próximo da Terra? _____

(b) E qual é o que fica mais distante? _____

4. (a) Qual é o maior astro que você conhece? _____

(b) Qual é o menor astro que você conhece? _____

5. Fazendo uma comparação de tamanhos entre a Terra, a Lua e o Sol:

Qual dos três é o maior? _____

Qual deles é o menor? _____

6. Existe um astro que fica no centro do sistema solar?

() Não () Sim. Qual? _____

7. Existe um astro que fica no centro do Universo?

() Não () Sim. Qual? _____

Nas questões a seguir, marque V nos itens que você achar verdadeiros e F nos que você achar errados:

8. Com relação à história da Astronomia e à observação do céu, podemos dizer que:

() Os europeus foram os primeiros a observar o céu, e com eles nasceu a Astronomia.

() Os índios brasileiros não faziam observações do céu.

() Todas as civilizações antigas faziam observações do céu que eram importantes para elas.

() A Astronomia é muito antiga e nasceu da necessidade de registrar eventos climáticos como chuvas, estações do ano e períodos favoráveis ao plantio e à colheita.

() Até certo período da história, não existia Astronomia enquanto ciência. Ela se achava misturada com a Astrologia.

9. Comparando o Sol com uma estrela, podemos dizer que:

() o Sol é sempre maior que a estrela;

() a estrela é sempre maior que o Sol;

() dependendo da estrela, ela pode ser maior ou menor que o Sol.

10. Quanto às distâncias entre os astros, podemos afirmar que:

() Todos os planetas ficam a uma mesma distância da Terra

() Todos os planetas ficam a uma mesma distância do Sol

() Os planetas que ficam mais próximos da Terra são Vênus e Marte

() Há estrelas que ficam mais próximas da Terra que alguns planetas do nosso sistema solar

() Todas as estrelas ficam mais distantes da Terra do que os planetas do nosso sistema solar

11. Quanto ao movimento dos planetas do nosso sistema solar, podemos afirmar que:

() Eles não se movimentam, ficam sempre parados em posições bem definidas.

() Todos se movimentam, mas com a mesma velocidade.

() Todos se movimentam, cada um com uma velocidade diferente.

() Todos se movimentam, mas ficam sempre alinhados e numa sequência bem definida.

() Todos se movimentam, cada um seguindo um caminho bem definido, chamado órbita.

12. Quanto ao movimento das estrelas, podemos afirmar que:

() Elas não se movimentam, ficam sempre paradas em posições bem definidas.

() Elas se movimentam, mas se movem todas juntas, mantendo sempre as mesmas posições, umas em relação às outras.

() Elas se movimentam com velocidades diferentes mas, olhando da Terra, parecem manter suas posições fixas, umas em relação às outras.

13. Os planetas se movimentam?

() Não () Sim. Neste caso:

(a) Diga em relação a qual astro eles se movimentam: _____

(b) Faça um desenho no espaço abaixo indicando como você acha que é o movimento de um planeta, representando também o astro em relação ao qual ele se movimenta (identifique no desenho, por escrito, o planeta e o astro em relação ao qual ele se move):

A.6 Atividade Prática – Reconhecimento do Céu

ROTEIRO DA ATIVIDADE:

1. Observe a Lua e a região do céu em volta dela em, pelo menos, duas noites no período do **dia 16 ao dia 20 de fevereiro de 2013**. Em cada noite, observe em dois momentos distintos:
 - a) Assim que anoitecer, logo após às 20 h, no horário de verão, ou 19 h, no horário normal;
 - b) Cerca de uma hora depois, por volta das 21 h, no horário de verão, ou das 20 h, no horário normal.
2. Para fazer as observações, você deve procurar um local com o horizonte razoavelmente desimpedido do lado onde a Lua estará aparecendo (que será, aproximadamente, o lado oeste), ficar de frente para a Lua e desenhar a metade do céu que você verá num semicírculo, abrangendo 90° a direita, 90° a esquerda e 90° para o alto, até o zênite², representando o horizonte por meio de uma linha horizontal e desenhando referências que sobre ele estiverem aparecendo (prédios, árvores, muros, etc.), semelhantemente ao que é indicado na figura 1, abaixo:

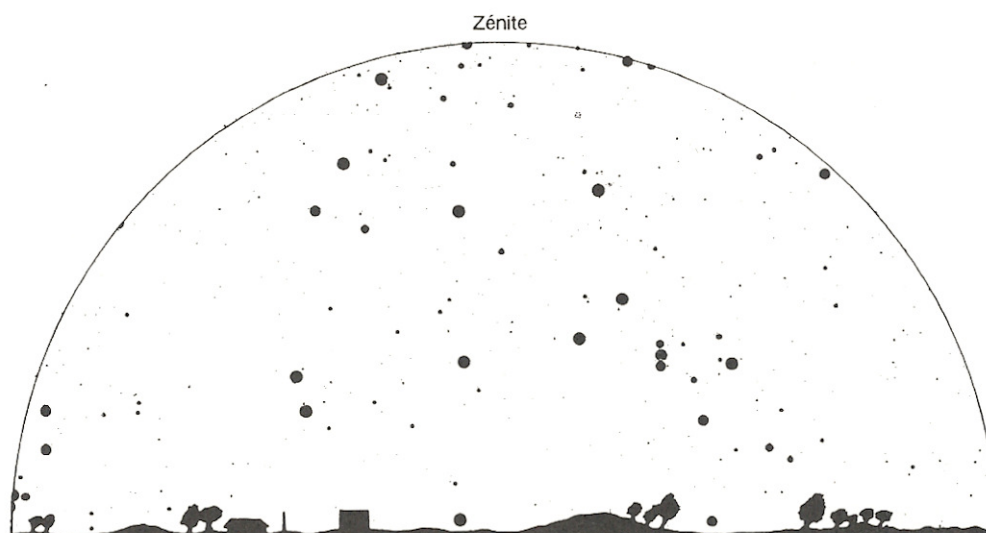


Figura 1: Desenho de metade do céu num semicírculo.

3. Você deve fazer a observação ficando bem de frente para a Lua e o desenho que você fará deve ficar centralizado nela. Desenhe então a própria Lua (que estará em fase crescente) e, pelo menos, as 10 estrelas mais brilhantes que estiverem aparecendo nesta metade do céu, usando um tamanho de ponto proporcional ao brilho da estrela: quanto maior o brilho, maior o ponto, conforme esboçado na figura 1.
4. As cinco estrelas mais brilhantes devem ser numeradas por ordem de brilho: nro. 1 a mais brilhante, nro. 2 a segunda mais brilhante, e assim por diante (anotar, no desenho, ao lado de cada uma destas cinco estrelas, em tamanho pequeno, o nro. correspondente).
5. Na folha de papel em que será feito o desenho devem ser anotados

² Zênite: o ponto do céu que fica bem na vertical, sobre nossas cabeças, a 90° do plano horizontal.

- data, horário e condições do tempo (bom ou parcialmente nublado) de cada observação;

- a cor de cada uma das cinco estrelas mais brilhantes. P. ex.:

1 – amarela; 2 – branca; 3 – laranja; 4 – azul; 5 – branca

6. Na mesma folha em que fizeram o primeiro desenho, depois de cerca de 1 hora, voltar exatamente ao mesmo local da primeira observação e fazer um segundo desenho, centralizado na Lua, desta mesma metade do céu, seguindo o mesmo procedimento anterior.

7. Responda às duas questões da próxima folha e traga seus desenhos e respostas para a aula, para apresentação ao professor e discussão dos resultados.

QUESTÕES

1) Você percebeu alguma mudança nos astros ou na posição em que eles apareciam no céu ao comparar a primeira e a segunda observação feitas na mesma noite?

() Não.

() Sim.

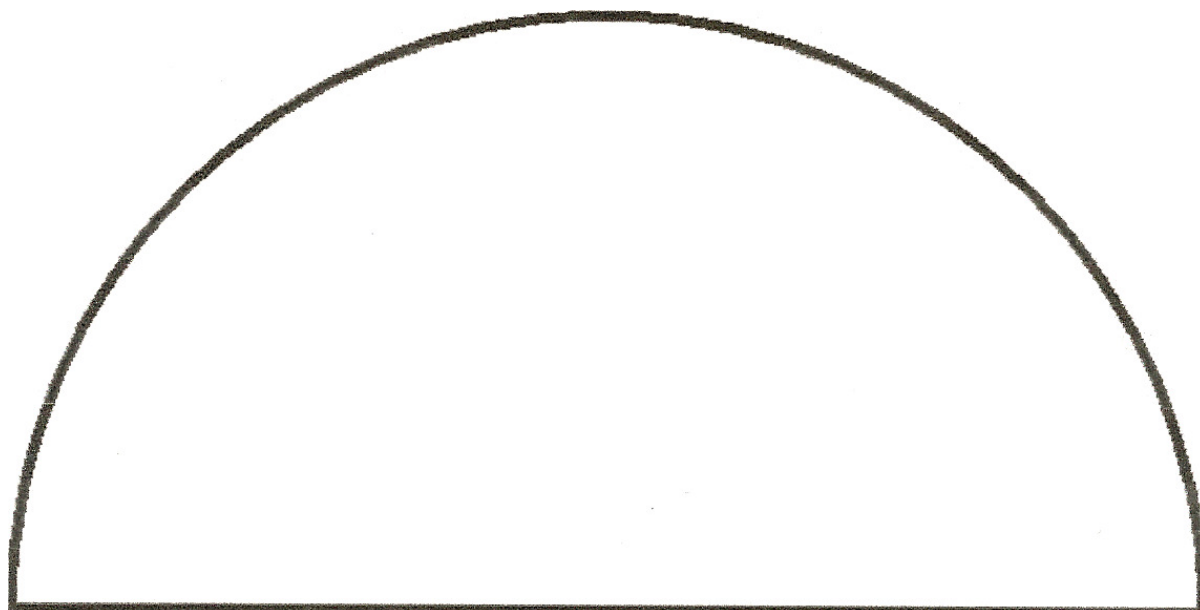
Qual foi a mudança? _____

2) Você percebeu alguma mudança nos astros ou na posição em que eles apareciam no céu ao comparar as observações feitas no mesmo horário, mas em noites diferentes? Qual?

() Não.

() Sim.

Qual foi a mudança? _____

**Desenho 1**

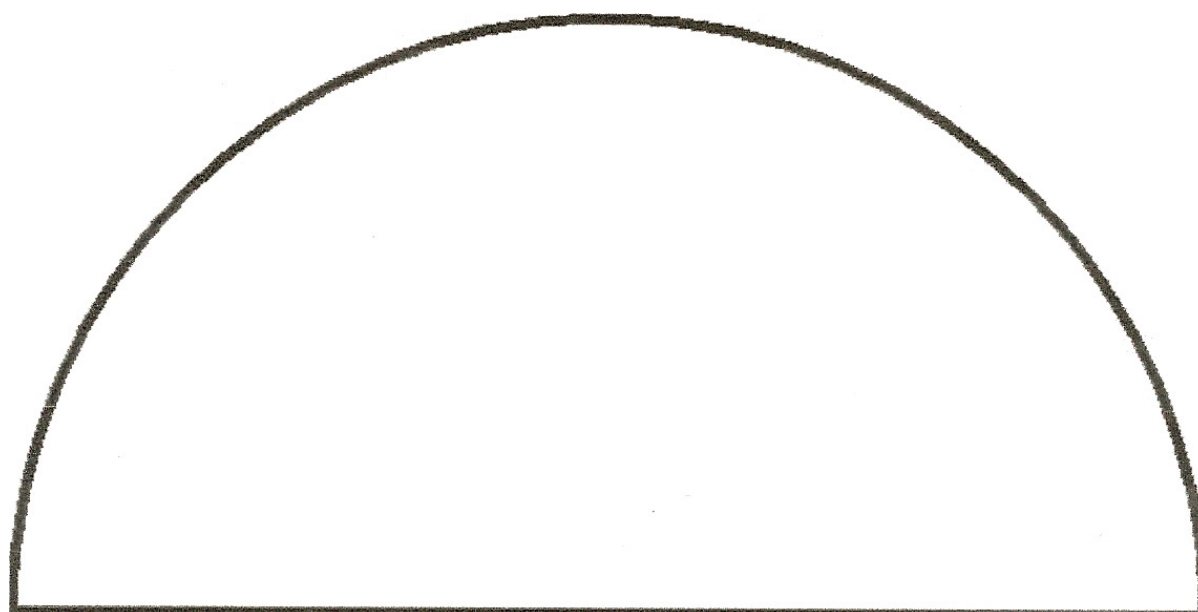
Data: _____

Estrelas mais brilhantes:

Horário: _____

Tempo: () Bom () Parcialmente nublado

Nro.	Cor
1	
2	
3	
4	
5	

**Desenho 2**

Data: a mesma do desenho 1

Estrelas mais brilhantes:

Horário: _____

Tempo: () Bom () Parcialmente nublado

Nro.	Cor
1	
2	
3	
4	
5	

Obs.: Imprima mais de uma cópia desta folha e faça os desenhos em, pelo menos, 2 noites distintas.

A.7 Instalando e Inicializando o Programa *Stellarium*

Professores Marconi Frank Barros e Sérgio Mascarello Bisch

Como primeira providência para realização das atividades que teremos a realizar, consiga um computador que tenha acesso à internet, para baixar o programa, e que você possa continuar utilizando durante o estudo. Baixe o software a partir de seu site oficial: <www.stellarium.org>. Existe, inclusive, uma tradução desta página em português: <www.stellarium.org/pt>. Note que ele é um programa multiplataforma. Baixe a versão compatível com o sistema operacional instalado em seu computador (Windows, Mac OS X ou Linux). Abra o arquivo executável e siga os passos indicados para sua instalação.

Logo após completar a instalação, abra o programa. Note que ele apresenta duas barras de menu, uma embaixo, outra na lateral esquerda. Para que elas apareçam, você deve mover o mouse até bem embaixo, ou até bem a esquerda. Se os textos que acompanham as opções não estiverem escritos em português, clique na opção “Configuration window” (Janela de configuração) do menu à esquerda. A seguir, clique na opção “Main” (Principal) da janela de configuração e, no primeiro quadro desta janela, escolha a opção “Português (Brazil)”, que fará com que todos os textos do programa apareçam traduzidos para o português. Clique no botão “Salvar configurações” para que o programa já inicie em português na próxima vez em que for aberto.

Depois clique na opção “Localização” (*Location*) do menu à esquerda, ou tecle F6, para abrir a janela de localização, e informe ao programa a localidade em que você está (esta indicação é fundamental, pois o céu visível muda de acordo com a posição do observador na superfície da Terra). Se você estiver, p. ex., na cidade de Cariacica, você pode clicar diretamente na sua posição aproximada no mapa-múndi que aparece nesta janela, ou procurar pelo nome da cidade na lista à direita (Cariacica, Brazil) e marcá-la, ou então entrar diretamente com os valores das coordenadas geográficas latitude e longitude do seu local de observação³ nos campos destinados a isso, embaixo à esquerda. Note que, mesmo que você não more em Cariacica, mas numa localidade relativamente próxima a ela, como em qualquer outra localidade do estado

³ No caso dos municípios da Grande Vitória, as coordenadas aproximadas são: latitude: 20° Sul (S); longitude: 40° Oeste (W).

do Espírito Santo, não há problema que você escolha Cariacica como localidade, pois o céu varia pouco entre localidades relativamente próximas. Uma vez feita a sua indicação, convém clicar na opção de usar essa localização como padrão (*default*), no canto inferior esquerdo da janela de localização. Feito isso, na próxima vez que usar o programa, você já estará posicionado na sua cidade.

Se você estiver executando o programa de dia, também convém mudar o horário para uma determinada hora da noite, por exemplo, para as 20 horas, para poder visualizar as estrelas. Faça isso clicando na opção Data/Hora do menu da esquerda, que abrirá uma janela onde, à esquerda, aparece a data no formato ano/mês/dia e, à direita, a hora no formato hora:minuto:segundo. Clique nos botões que aumentam ou diminuam os valores em cada campo para alterá-los e então observar o céu num horário noturno.

Comece explorando as funções básicas do programa quanto ao campo de visão e informações sobre os astros:

- Altere o campo de visão clicando com o botão esquerdo do mouse em qualquer ponto da tela e arrastando, levando a visão para a direção que você deseja, ou então usando as teclas com as setas $\uparrow \downarrow \rightarrow \leftarrow$ para mover o campo de visão para cima ou para baixo, para a direita ou para a esquerda.
- Use o botão de rolamento do seu mouse, ou as teclas $\text{Ctrl}+\uparrow$ ou $\text{Ctrl}+\downarrow$, ou ainda *Page Up/Down*, para fazer *zoom in/out* e ampliar ou reduzir o campo de visão.
- Clique com o botão esquerdo do mouse em qualquer objeto que estiver aparecendo. Ele ficará marcado e uma janela no alto à esquerda é aberta com diversas informações sobre o mesmo, como seu nome, magnitude (brilho), coordenadas e distância à Terra. Clicando com o botão direito do mouse em qualquer ponto da tela, o objeto é desmarcado e desaparece a janela com informações. Sempre que quiser ter o campo de visão livre da janela de informações, clique com o botão direito do mouse em qualquer ponto fora de eventuais janelas do menu que estiverem abertas. Ao fazer isso, as janelas do menu que estiverem abertas também ficarão transparentes.
- Se um objeto estiver marcado e você teclar a barra de espaço, o campo de visão será centralizado no objeto, o que será bastante útil se você desejar fazer, por exemplo, um *zoom* sobre ele.

- Você também pode fazer *zoom in/out* num objeto que já esteja marcado usando, respectivamente, as teclas / e \. Experimente fazer isso, p. ex., com a Lua ou com um planeta. Depois de fazer *zoom in* num planeta, como Júpiter ou Saturno, que possuem várias luas, também é interessante fazer *zoom in* sobre uma de suas luas, para vê-la de perto. Experimente.

A seguir explore as opções básicas da barra de menu que fica embaixo, em especial a que coloca ou retira o efeito da atmosfera (sem ela, mesmo de dia o céu seria negro e as estrelas, visíveis); a que coloca e retira o solo (ao retirá-lo, você poderá ver astros que estão abaixo do horizonte); as que colocam ou retiram os nomes, as figuras mitológicas e as linhas indicativas das constelações e as que inserem ou retiram as grades dos sistemas de coordenadas celestes equatorial e azimutal⁴.

Quanto ao ponto chave de domínio do tempo, quase tudo é possível nesse ambiente virtual, como o é nos planetários reais⁵:

- Você pode introduzir qualquer data e horário, para que o programa mostre o céu visível da sua localidade em qualquer ocasião desejada, no passado, presente ou futuro, por meio da opção disponível na barra de menu da esquerda, que abre uma janela com data e hora, as quais podem ser alteradas à vontade.
- Há comandos para acelerar e retardar a passagem do tempo na barra de menu que fica embaixo. A mesma coisa pode ser feita, de maneira mais prática, apertando as teclas J, K e L: J reduz a taxa de passagem do tempo, K faz o tempo passar à sua taxa normal, L acelera a taxa de passagem do tempo. Teclando repetidamente J e L você pode acelerar/diminuir cada vez mais a taxa de passagem do tempo. Experimente. O efeito de aceleração da passagem do tempo será importantíssimo para a visualização dos movimentos dos astros nas atividades que proporemos a seguir. Por outro lado, ao teclar o número 7, a passagem do tempo é paralisada.

⁴ O sistema de coordenadas chamado de “azimutal” (*azimuthal*) no *Stellarium* corresponde ao sistema de [coordenadas astronômicas](#) também denominado “horizontal local” ou, simplesmente, “sistema horizontal”, no qual as coordenadas são o azimute e a altura.

⁵ O *Stellarium* é um software do tipo “planetário”, ou seja, tem recursos e permite visualizações semelhantes às obtidas nos planetários reais.

O *Stellarium* possui diversos outros recursos que você pode explorar seguindo as demais opções do menu, ou consultando a sua ajuda, na qual também há links para baixar o seu guia de usuário, e consultar suas FAQ, fórum e Wiki.

Outras teclas de atalho:

Tecla A: desliga e liga o efeito atmosfera.

Tecla E: desliga e liga a grade equatorial.

Tecla =: adiciona um dia solar ao tempo.

Tecla -: retorna ao dia anterior.

Tecla]: faz o tempo avançar de uma semana.

Tecla [: faz o tempo retroceder em uma semana.

Tecla (vírgula): liga e desliga o caminho descrito pelo Sol entre as estrelas, que recebe o nome de “linha da eclíptica” ou, simplesmente, “eclíptica”.

Tecla G: desliga e liga o efeito chão (*ground*).

Tecla (ponto): desliga e liga o equador celeste.

Tecla Q: desliga e liga os pontos cardeais.

Tecla Shift+T: desliga e liga a trajetória dos planetas na esfera celeste.

Tecla Ctrl-S: grava a tela mostrada no Stellarium, salvando-a na sua área de trabalho ou em outra pasta que você pode indicar na janela Configuração/Ferramentas.

Referências

BISCH, Sérgio Mascarello. **Introdução à Astronomia**. Vitória: UFES, Núcleo de Educação Aberta e a Distância, 2012.

STELLARIUM.ORG. **Stellarium 0.12.0**, jan 2013. Software livre do tipo planetário. Disponível em: <<http://www.stellarium.org/>>. Acesso em 24 jan 2013.

A.8 Texto “História da Astronomia”

BEM-VINDOS AO UNIVERSO

Salvador Nogueira*

Deixando de lado as frases feitas, é realmente difícil saber o que diferencia o ser humano dos outros animais. Fala-se de “inteligência”, mas os etólogos¹ hoje sabem muito bem que esse conceito, além de ser de difícil definição, pode ser percebido de diferentes maneiras em inúmeras espécies animais. Podemos até estar no topo da escala, mas, definitivamente, inteligência não é exclusividade do ser humano. Outro item corriqueiramente utilizado para fazer essa diferenciação é a “auto percepção”, que nada mais é do que a capacidade de saber quem você é, no contexto do mundo, e ter a consciência de que você é você. Gatos, como é fácil de constatar, têm dificuldades com isso. Ao se olharem no espelho, eles pensam estar vendo outro gato, e não seu próprio reflexo. Já os elefantes possuem uma auto percepção mais aguda, e o truque do espelho não os enganam. Chimpanzés também não têm problemas com isso, e golfinhos parecem até dar nomes a cada indivíduo – o que provavelmente se qualifica como uma prova contundente de que eles se reconhecem cada um como uma “pessoa”. Além disso, essa atitude demonstra que a capacidade de “comunicação” – outra palavra que, invariavelmente, aparece na lista das candidatas a diferencial do *Homo sapiens* – não é exclusividade humana. Para o britânico Lewis Wolpert (1929-), biólogo do *University College de Londres*, a principal diferença, a verdadeira fronteira que separa o ser humano de seus colegas menos intelectualizados do reino animal, é a noção de causa e efeito. Para ele, o ser humano é a única espécie da Terra capaz de entender que certas coisas podem provocar outras. Wolpert toca num ponto crucial dessa constelação de fatores. Pois a noção de que o mundo é composto de causas e efeitos foi o passaporte da humanidade para a ciência. Definitivamente, ainda que o ser humano não tenha nenhuma característica que outros animais não tenham, em maior ou menor grau, a atitude de fazer ciência é algo próprio e exclusivo do ser humano. Pensando nesse contexto, não é difícil perceber como essa sofisticada capacidade de estabelecer hipóteses de causa e efeito levou ao início das especulações científicas, estimuladas pela observação sistemática do céu. A astronomia, como ficou conhecida posteriormente, é a mais

* Texto extraído do livro de Salvador Nogueira (2009), p.19-48.

antiga das ciências e, ao contrário do que hoje se pode pensar dela, seu surgimento e sofisticação foram derivados não só da fascinação natural que o firmamento exerce sobre qualquer um numa noite estrelada, mas sobretudo, das necessidades práticas humanas quando da época de seu surgimento.

Contando dias, semanas, meses e anos

A utilidade mais óbvia da observação do céu é a marcação do tempo. Não é difícil notar que, quando o Sol está no céu, o firmamento se torna azul claro, e o ambiente fica iluminado. Foi essa condição que permitiu a locomoção, a caça, a coleta e todas as atividades importantes ao ser humano primitivo, vivendo com dificuldades na África há centenas de milhares de anos. Esmiuçando essas observações, os antigos notaram que, ao longo do tempo, o chamado astro rei parecia fazer uma travessia pelo céu (surgindo na região leste e se pondo para os lados do oeste), e quando ele sumia, em seguida, caía a noite. A não ser que houvesse nuvens encobrendo a visão, o céu azul claro era trocado por: escuridão, salpicada de um grande número de centelhas de luzes cintilantes. Elas também pareciam fazer uma travessia pelo firmamento ao longo da noite, até que o Sol retornasse e mais uma vez produzisse o clarão do dia. A contagem do tempo em termos desse ciclo é a mais elementar – surge a noção de um dia, período de 24 horas, durante o qual, pela perspectiva daqueles homens e mulheres da pré-história, o Sol voltava à sua posição original depois de atravessar o céu e se esconder “sob o chão”. A Lua, por sua vez, marcava um ritmo próprio, diferente do solar. Comparando sua posição noite após noite, os primeiros humanos notaram que ela demorava cerca de 30 dias até voltar à mesma posição. Esse ciclo produziu outra noção de tempo, diferente daquela proporcionada pelo Sol, compreendida por períodos que viriam a ser conhecidos como meses. O aspecto lunar tinha ainda outra peculiaridade: parecia diferente a cada dia. Ora estava com seu brilho máximo, como um disco completo, ora era apenas parcialmente visível, ou simplesmente desaparecia. As fases da Lua – quarto crescente, cheia, quarto minguante e nova – forneciam outra forma de marcação do tempo. Coincidentemente, o período aproximado entre uma fase e outra era de sete dias. Esse era o mesmo número de astros visíveis no céu (diurno e noturno) que pareciam mudar de posição constantemente, se comparados ao fundo das estrelas fixas. A dupla coincidência, o período entre duas fases e o número de planetas, foi usada para criar outra unidade de marcação do tempo, a semana. Finalmente, observações atentas revelariam que

as estrelas fixas em seu movimento aparente giram ao redor da Terra um pouquinho mais rápido que o Sol – a cada dia, elas nascem exatamente quatro minutos mais cedo. Então, se num dia uma dada estrela aparece no horizonte leste exatamente à meia-noite, no dia seguinte ela aparecerá na mesma posição às 23h56, dois dias depois às 23h52, e assim por diante. Moral da história: levam-se aproximadamente 365 dias e seis horas para que uma estrela volte a nascer exatamente na mesma hora. Surge aí o padrão do ano. Perceber esses diferentes ciclos ditados pelos movimentos celestes tornou-se extremamente útil quando os humanos primitivos começaram a notar que os diferentes “acontecimentos” no firmamento correspondiam às situações vivenciadas no chão. Para os caçadores e coletores essa podia ser uma percepção um pouco mais sutil, mas ainda assim muito clara: ao longo do ciclo conhecido por nós como ano, as plantas iam de secas a floridas, o clima ia de mais frio a mais quente, e assim por diante.

Revolução Agrícola

Entretanto, é com o surgimento da agricultura, há aproximadamente 13 mil anos, que a observação do céu ganha um valor prático imensurável. Unindo a sofisticada noção humana de causa e efeito às estações do ano, a prática do plantio e da colheita ganha um instrumental extremamente útil. Hesíodo nos conta em sua obra “Os trabalhos e os dias” como a coisa funcionava:

Ao despertar das Plêiades, filhas de Atlas, dai início à colheita, e ao seu recolher, à sementeira. Ordenai a vossos escravos que pisem, em círculos, o trigo sagrado de Deméter, tão logo surja a força de Órion, em local arejado e eira redonda. Quando Órion e Sírius alcançarem o meio do céu, e que a Aurora dos dedos de rosa conseguir enxergar Arcturo, então, Perseu, colhe e leva para casa todos os cachos das uvas. (SIMAAN e FONTAINE, 2003. p.9).



Figura 1: As Plêiades. Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Pl%C3%AAiades>>

Plêiades, Órion, Sírius, Arcturo, são todas estrelas ou constelações celestes. Nesse trecho nota-se com grande facilidade a influência que os estudos dos céus tinham nas atividades humanas mais fundamentais, a partir do surgimento da agricultura. Foi graças às técnicas cada vez mais sofisticadas de plantio – portanto, graças à agricultura – que a civilização pôde florescer e saltar do estágio da caça e coleta que marcou a humanidade antes da chamada “revolução neolítica”², ocorrida há cerca de 10 mil anos.



Figura 2: Stonehenge: A explicação científica para a construção de Stonehenge está no ponto em que o monumento tenha sido concebido para que um observador em seu interior possa determinar, com exatidão, a ocorrência de datas significativas como [solstícios](#)³ e [equinócios](#)⁴, eventos celestes que anunciam as mudanças de estação na Idade da Pedra.

Fonte: <http://www.ufrgs.br/museudetopografia/fotos/Fotos_PDF/Historia_da_Astronomia.pdf>

Claro, com poucos conhecimentos é muito difícil distinguir correlações de causas e efeitos. Para os antigos, o momento em que as estrelas nasciam ou se punham não indicava apenas a época em que dados fenômenos aconteciam. Mais que isso, eles acreditavam que as próprias estrelas, naquela posição, provocavam essas

ocorrências. Não é à toa que os céus, com sua aparência misteriosa e sua (então) clara capacidade de interferir em acontecimentos terrenos, ganhariam um *status* divino.

Vênus, a deusa do amor; Mercúrio, o mensageiro; Marte, o deus da guerra; Júpiter, o deus dos deuses; Saturno, o “avô” dos deuses, pai de Júpiter.

Os primeiros grandes astrônomos vieram da Mesopotâmia, região entre os rios Tigre e Eufrates onde hoje está o Iraque, e sua influência se fez sentir no mundo ocidental por meio da influência que transmitiram aos gregos. Até onde se sabe, foram os babilônios, um dos povos que habitavam aquela região, que passaram a atribuir a cada um dos planetas o nome de um deus de sua religião politeísta. Vênus era Ishtar; Júpiter era Marduk; e assim por diante. Ao chegar ao mundo helênico, houve uma adaptação dessa tradição, e os deuses babilônios foram trocados por seus equivalentes gregos. No final, o nome que permaneceu foi o dos romanos: Vênus, Mercúrio, Marte, Júpiter e Saturno.

Foi também graças à tradição grega que o firmamento perdeu um pouco de seu caráter divino, e alguns pensadores decidiram dedicar-se à tarefa de decifrar o que significavam todos aqueles movimentos – buscar relações de causa e efeito mais sofisticadas do que as implicadas por um ambiente celeste misturado ao divino, com ações de deuses caricatos produzindo tudo que se observava na Terra. Neste momento, sim, nascia a astronomia para valer.

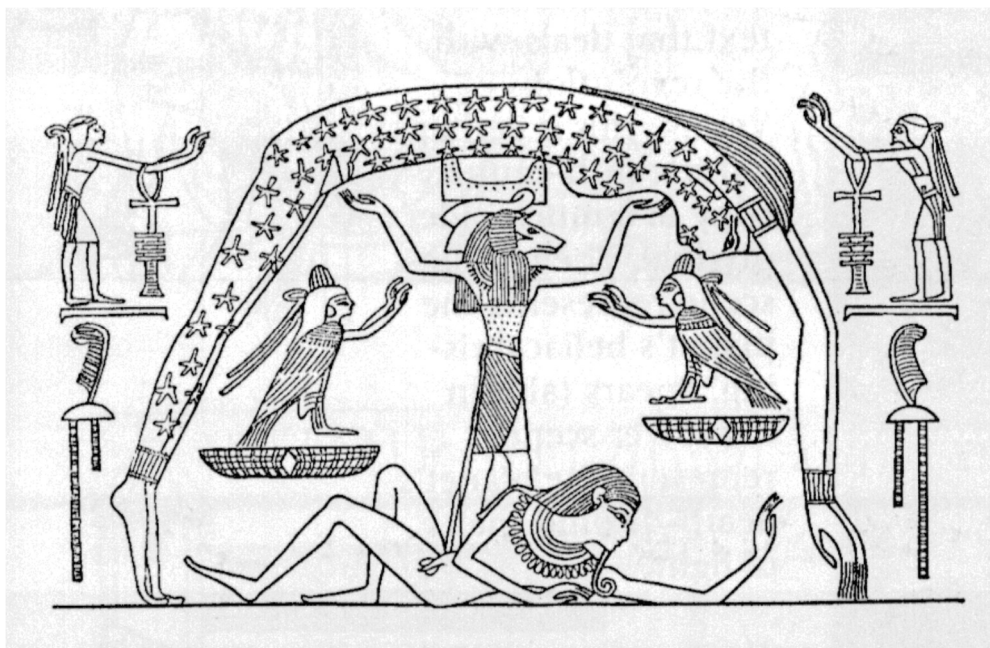


Figura 3: A deusa egípcia Nut (o firmamento) suportada pelo deus Shu e separada do seu amante (a Terra).

Fonte: <http://www.ufrgs.br/museudetopografia/fotos/Fotos_PDF/Historia_da_Astronomia.pdf >

A Caminho do Cosmos Geocêntrico

A influência dos mesopotâmicos e egípcios no conhecimento astronômico da Grécia Antiga foi notável. As constelações⁵, por exemplo, vieram de lá. O primeiro a sistematizar essa organização das chamadas “estrelas fixas” em agrupamentos reconhecíveis foi Eudóxio de Cnido (408 a.C.-347 a.C.). Embora a primeira referência conhecida deles remeta ao trabalho desse grego, fica claro que o conhecimento não era originário dele, mas sim de estudiosos da Mesopotâmia – que, no final das contas, não foram os únicos a ter essa ideia. Assim como eles, todos os povos de uma forma ou de outra, cada um a seu próprio tempo, agruparam as estrelas e a elas associaram objetos, deuses, mitos, seres etc., inclusive os índios brasileiros. Essa, no entanto, era apenas mais uma ação de categorização, sem qualquer pretensão de fornecer explicações de como o mundo estava organizado. O modo de pensar mesopotâmico não permitia avançar muito mais, mas a Grécia, com seus grandes filósofos e uma liberdade maior de pensamento e religião, proporcionaria uma reflexão mais sofisticada dos fenômenos celestes. A começar pela definição da forma da Terra. Ao contrário do que se costuma pensar, desde muito cedo os pensadores desconfiaram de que o mundo não fosse plano, achatado. Numa civilização de navegantes, como a grega, não era rara a oportunidade de observar um navio se afastando no horizonte. Essa simples observação já indicava que a Terra, a grandes distâncias, possuía uma

curvatura – conforme a embarcação se afastava, primeiro a parte inferior do navio desaparecia do horizonte, e a última coisa a sumir era o mastro, no topo, como se a embarcação estivesse “descendo”; na verdade, acompanhava a curvatura terrestre. O primeiro a formalizar esse pensamento foi Anaximandro, no século 6 a.C. Partindo dessa observação elementar, ele concluiu que a Terra na verdade era... um cilindro! Somente mais tarde, com a popularização da noção grega clássica de que a esfera é a forma geométrica mais perfeita (em grande parte proporcionada pela atribuição de Pitágoras ao valor da matemática como significado real do mundo), a Terra seria considerada uma esfera – pensamento que predominou desde então, ao menos entre os mais estudados. Foi com Eudóxio que esse tratamento “esférico” acabou estendido a todo o cosmos. Ele organizou o Universo com a Terra no centro, esférica e imóvel, envolta por diversas outras esferas que explicavam o movimento das estrelas fixas, já mencionado, e dos sete “planetas” (na concepção geocêntrica mundo, esse termo incluía também o Sol e a Lua), que se posicionavam, a cada dia, ligeiramente diferentes em relação às estrelas e algumas vezes pareciam fazer ziguezagues difíceis de explicar.

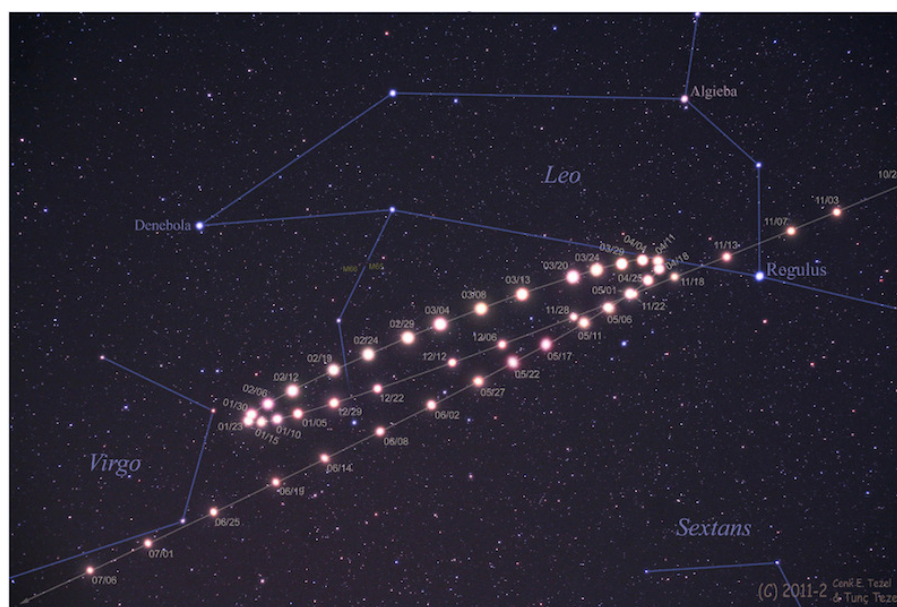


Figura 4: Movimento retrógrado de Marte

Fonte: <<http://blog.cienctec.com.br/imagens/o-movimento-retrogrado-de-marte-no-ceu-da-terra/>>

Uma esfera, é claro, não bastava para esclarecer todos os movimentos planetários, de modo que Eudóxio teve que atribuir quatro esferas para o Sol, quatro para a Lua, e três para os demais planetas conhecidos (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno), mais uma para as estrelas fixas – a última camada do cosmos, visto então

como finito. No total, 27 esferas participavam do esquema. Mas esse modelo jamais foi capaz de explicar satisfatoriamente todas as observações astronômicas. Conclusão natural, portanto, que ele tenha sido gradativamente “aperfeiçoado”, com a inclusão de novas esferas, ainda que mantido sobre suas premissas iniciais. Nesse sentido, destacou-se o trabalho de Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), filósofo grego que começou como discípulo de Platão, mas logo passou a rivalizar com o antigo mestre. Platão (427 a.C.-347 a.C.) acreditava que todas as observações à nossa volta eram meras sombras, e que a Verdade, com “vê” maiúsculo, escondia-se num outro plano, o chamado “mundo das ideias”. Essa realidade, para ele, era acessível apenas pela razão. Aristóteles, em contrapartida, acreditava que as observações, combinadas à razão, produziram uma visão satisfatória da realidade física. Assim interpretado, seu pensamento iniciou o binômio hipótese-observação que serviria de alicerce para a ciência moderna. No entanto, ao ser o iniciador de tal movimento, Aristóteles ainda faria muitas suposições equivocadas sobre a natureza do mundo.

O Modelo Aristotélico

Ao construir sua própria visão do cosmos, Aristóteles adotou o modelo de Eudóxio, que pode ser, grosso modo, descrito como uma “cebola”, com diversas camadas concêntricas. Mas Aristóteles fez seus próprios aperfeiçoamentos ao modelo, tentando ampliar seu poder preditivo – o que acarretou o aumento do número total de esferas para 56. Havia até esferas sem nenhum astro nelas, chamadas de *anastros*. E a interpretação aristotélica também tornava a ideia da “cebola” mais literal; agora as esferas que comandavam o movimento dos astros não eram apenas um artifício matemático, mas algo real, palpável, que ele chamou de *orbes*.

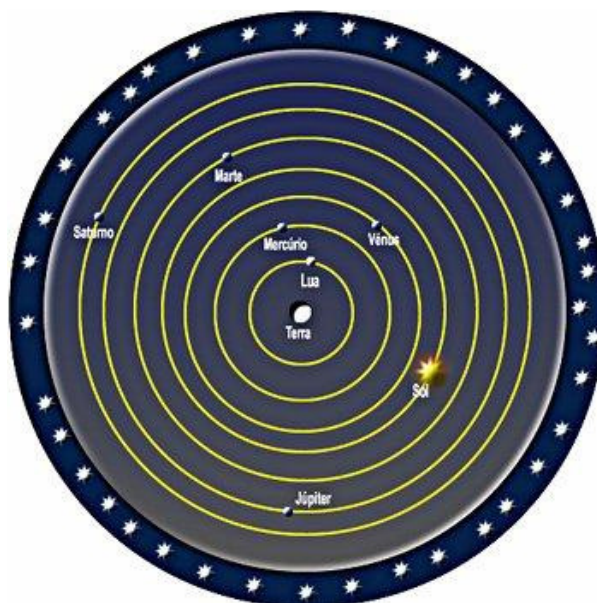


Figura 5: Modelo Aristotélico do Universo com a Terra parada em seu centro (universo geocêntrico)
 Fonte: <<http://anodaastronomia.blogspot.com.br/2009/03/o-peso-da-astronomia-no-futuro-da.html>>

Mas o mais interessante de todo o trabalho de Aristóteles é o fato de que ele não se contentou em criar um modelo capaz de explicar as observações. E ousou formular hipóteses sobre o porquê de as coisas serem como são. Não seria exagero dizer que, ao tentar explicar o Universo inteiro, o grego deu um pontapé inicial em diversas ciências, como a química, a física e, claro, a cosmologia. Para Aristóteles, todas as coisas existentes no mundo são compostas por quatro elementos: água, terra, fogo e ar. Cada um desses elementos possuía o que ele chamou de “lugar natural”. Assim, terra e água tinham seu lugar natural no centro da Terra – se deixados a seu próprio comando, é para lá que eles rumariam. Já fogo e ar teriam a tendência oposta. Por isso, diz o filósofo grego: “a chama de uma vela parece ir para cima, assim como a fumaça que ela produz, ao passo que a água jorra de uma cachoeira sempre de cima para baixo”. Em meio a essas explicações – que de fato pareciam servir para esclarecer diversos fenômenos, embora hoje estejam totalmente ultrapassadas –, Aristóteles também estabeleceu uma diferença crucial entre o mundo celeste e o terreno. Para ele, os quatro elementos eram parte apenas da esfera sublunar (abaixo da Lua), uma região “imperfeita”, onde havia mudança, transformação. Acima da Lua, na esfera supralunar, os *orbes* e os astros eram compostos pelo famoso “quinto elemento”, ou quintessência, também chamado de “éter”. Lá, reinavam a organização perfeita e a imutabilidade. Para Aristóteles, o mundo celeste era o que sempre foi e o que sempre será, eterno e livre de transformações. Mesmo com suas 56 esferas, o modelo aristotélico tinha problemas para ser conciliado à observação. Resultado:

adicionaram-se mais complicações. O auge dessa técnica de “correção” ocorreu com o trabalho de Cláudio Ptolomeu (90-168), o grego de Alexandria que, durante o apogeu do Império Romano, produziu a principal obra astronômica da Antiguidade – a “Composição Matemática”, que acabou ficando mais famosa pelo seu nome árabe: *Almagesto*. Além de incluir o catálogo de estrelas “fixas” mais completo do mundo antigo, com 1.022 itens, o livro também apresentava registros de observações abundantes e um sofisticado modelo matemático do cosmos. Na versão ptolomaica do mundo, os planetas giravam não somente em torno da Terra, segundo trajetórias circulares, mas também em circuitos circulares que “circulavam” ao longo de suas órbitas, os chamados epiciclos. Complicado? Basta pensar numa roda-gigante. Enquanto ela gira, as gôndolas penduradas nela precisam também girar, para que as pessoas dentro não fiquem de cabeça para baixo. Esse conjunto de círculos associados a círculos (chamados de epiciclos e deferentes) era razoavelmente eficiente para “salvar as aparências”, ou seja, explicar e prever os movimentos celestes, de forma que passou quase quinze séculos sem ser questionado seriamente. Mas isso não duraria para sempre.

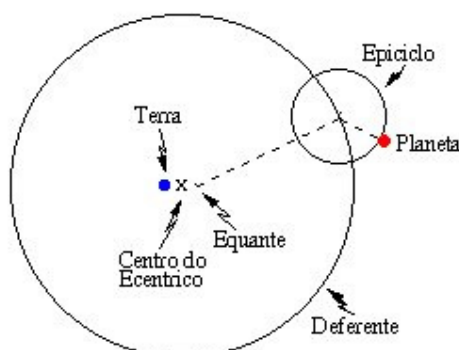


Figura 6: Modelo simplificado do Cosmos de Ptolomeu, com a representação dos epiciclos e deferentes.

Fonte: <<http://ventosdouniverso.blogspot.com.br/2010/08/modelo-geocentrico-e-o-aperfeicoamento.html>>

Interrupção Científica

Com o fim do Império Romano e sua pilhagem por pequenos reinos bárbaros, o Ocidente perdeu sua tradição científica. Os interesses passaram a se voltar para o cristianismo, que ascendia como religião dominante na região e induzia a um retrocesso no modo leigo de pensar o mundo. Até mesmo a rotundidade da Terra passou a ser questionada, e os pensadores cristãos repudiavam a busca do conhecimento – astronômico ou não. Escreveu Santo Agostinho (354-430), um dos

primeiros grandes representantes do pensamento religioso da Idade Média (muito embora ele a preceda em cerca de meio século), em suas “Confissões”:

Outra forma de complexidade ainda mais perigosa (que a da carne [...]) é a vã curiosidade que se esconde sob o nome de conhecimento e ciência. [...] Foi esta doença da curiosidade [...] que nos induziu a perscrutar os misteriosos segredos da natureza exterior a nós, segredos que não adianta conhecer e onde os homens não buscam nada além desse próprio conhecimento. [...] Não me interessa conhecer o curso dos astros. (apud SIMAAN e FONTAINE, 2003, p.p.70-79).

Sob essa argumentação, invalidava-se todo o esforço feito até Ptolomeu para dar explicação aos fenômenos celestes. Com esse combate sistemático às indagações conduzidas até então pela Grécia clássica, muito do que se sabia no mundo ocidental sobre os antigos pensadores seria perdido. Por sorte, no Oriente, um grande império se formava: inspirados pela religião islâmica, os árabes conquistariam vastos territórios, da Ásia ao norte da África e até à Península Ibérica (Espanha). No Império Árabe, a liberdade de pensamento era maior e a astronomia seguiu evoluindo. Observações mais precisas foram realizadas, instrumentos aperfeiçoados, e o astrônomo e matemático Ibn El Hhaytam (965-1039), cujo nome ocidentalizado era Alhazen, fez grandes desenvolvimentos no estudo da óptica, dando explicações mais convincentes sobre a natureza da luz. Entretanto, ninguém ousou questionar o modelo geocêntrico de Ptolomeu, com a Terra imóvel no centro do Universo. A partir dos séculos 11 e 12, com as Cruzadas, incursões militares cristãs para ocupar Jerusalém e outras partes da Palestina, e a Reconquista, processo da retomada da Espanha pelos europeus, o conhecimento armazenado no mundo árabe voltou a ter contato com o Ocidente. A Igreja reduz seu combate ao saber científico e recupera grandes nomes, como Aristóteles, que são reincorporados ao modo de pensar ocidental. O resgate se deve a personagens importantes na filosofia da Idade Média, como Santo Tomás de Aquino (1227-1274). Retoma-se com mais afinco o estudo dos céus, e não é por coincidência que esse período também propicia o desenvolvimento das chamadas “Grandes Navegações”.

O Céu, o Único Ponto de Referência

Numa travessia transoceânica, o único ponto de referência possível é o céu, por meio das estrelas, e todas as embarcações necessariamente tinham um astrônomo a bordo. Embora não houvesse meio preciso, na época, de determinar a longitude (ou seja, a posição horizontal em um mapa), os astros serviam como excelente referência para a indicação da latitude (a posição vertical), resolvendo metade do serviço em termos de determinação da posição. Os conhecimentos astronômicos, aliás, foram essenciais não só para a expansão europeia sobre o globo mas para todos os povos que praticaram a navegação com alguma competência. Os chineses, por exemplo, que conceberam frotas avançadíssimas de navios, antes dos europeus, tinham astronomia similarmente desenvolvida. Mas para o Ocidente, esse interesse só se reacendeu no fim da Idade Média.

Entra em Cena o Heliocentrismo

É nesse contexto que surge a figura de Nicolau Copérnico (1473-1543), o polonês que não só ousou colocar o Sol no centro do sistema planetário, como também mostrou capacidade intelectual suficiente para que sua proposta prevalecesse. Embora sempre tenha sido um apaixonado pela astronomia, Copérnico se viu às voltas com uma carreira monástica. A despeito do repúdio da Igreja pelo pensamento crítico (por vezes perto demais de ideias “heréticas” para ser tolerado), era inegável que as melhores oportunidades de ensino estavam entre os padres, e o polonês tomou vantagem dessa posição para desenvolver suas ideias. Ainda assim, temeroso do que poderia desencadear, foi relutante até o final. Diz-se que sua grande obra, *De revolutionibus orbium coelestium* [Sobre as revoluções dos orbes (corpos) celestes], só foi publicada quando Copérnico estava em seu leito de morte, e com uma introdução que não foi escrita pelo autor, ressaltando que as hipóteses ali apresentadas não deveriam ser levadas como uma descrição da realidade, mas, sim mero artifício matemático para corrigir problemas no modelo ptolomaico. Numa paráfrase do astrônomo Carl Sagan, ela dizia:

Prezado leitor, quando você ler esse livro, pode parecer que o autor está dizendo que a Terra não está no centro do Universo. Na verdade, ele não acredita nisso. Veja, este livro é para matemáticos. Se você quiser saber onde Júpiter estará dois anos depois da próxima quarta-feira, você pode ter uma resposta precisa tomando como hipótese que o Sol esteja no centro. Mas isso

é meramente ficção matemática. Isso não desafia nossa fé sagrada. Por favor, não fique inquieto ao ler este livro. (CARL SAGAN, 2001, p.167).

Copérnico não foi o primeiro a desenvolver um sistema heliocêntrico, ou seja, com o Sol no centro. Na Grécia Antiga, Aristarco de Samos (310 a.C.-230 a.C.) propôs esquema idêntico, mas na época a ideia não foi bem recebida. Até o século de Copérnico, na verdade, havia grande oposição à ideia heliocêntrica. Em termos religiosos, porque era inconcebível que Deus não tivesse colocado a Terra no centro do Universo. Em termos práticos, porque o heliocentrismo exigia que a Terra realizasse dois movimentos, um de rotação e outro de translação ao redor do Sol. O primeiro, argumentavam Aristóteles e seu discípulo (Ptolomeu), era claramente falso. Afinal de contas, se a Terra estivesse mesmo girando, quem atirasse uma pedra verticalmente para cima não a veria cair no ponto de partida, e sim mais para trás, uma vez que o planeta teria avançado um pouco em sua rotação. Parece um argumento razoável, quando não se sabe como funciona a lei da inércia. Outro argumento contra o heliocentrismo era o fato de que, se a Terra realmente se deslocasse numa órbita ao redor do Sol, as estrelas fixas deveriam aparecer em diferentes disposições no céu, dependendo de que lado de sua trajetória circular o planeta estivesse. A solução para esse dilema é simples, mas difícil de acreditar com a mentalidade da época: bastava imaginar que as estrelas ditas fixas estavam muito mais longe do que antes se supunha, de modo que a órbita da Terra fosse minúscula se comparada a essas distâncias. Ciente dessa oposição ferrenha, ainda assim, Copérnico tinha razões para crer que seu modelo era mais razoável. Pois, se a rotação terrestre parecia um desafio, fazer girar a uma velocidade estonteante uma esfera de estrelas fixas muito maior que a Terra parecia ainda mais absurdo. E o modelo heliocêntrico ajuda a explicar os estranhos ziguezagues de alguns planetas no céu.

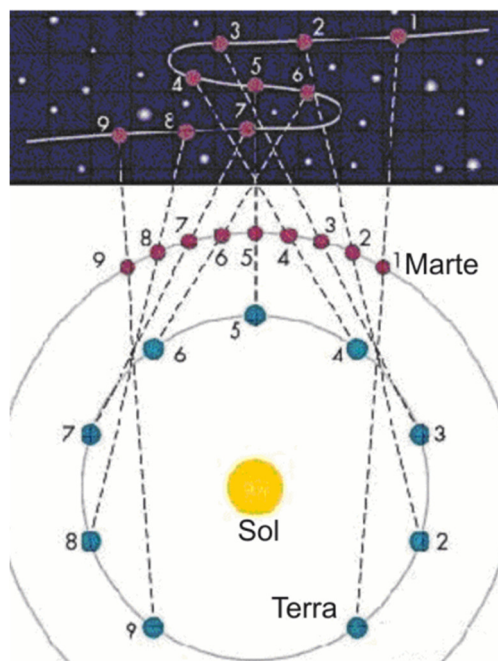


Figura 7: A representação do Cosmos com o Sol no centro do Sistema Solar e a Terra como apenas mais um planeta girando em torno dele ajuda a explicar como alguns planetas (com órbitas além da terrestre) podem fazer movimentos aparentes em ziguezague no céu, conforme ambos avançam em suas órbitas. Fonte: <<http://www.ccvalg.pt/astronomia/historia/copernico.htm>>

Com sua obra, o polonês abriu uma porta que jamais voltaria a ser fechada. De fato, o seu modelo heliocêntrico parecia concordar mais com as observações do que o de Ptolomeu, e logo muitos cientistas se entusiasmaram pela novidade. Entre eles, dois dos mais importantes foram o alemão Johannes Kepler (1571-1630) e o italiano Galileu Galilei (1564-1642). Mas o geocentrismo ainda tentaria uma última cartada com o maior astrônomo de seu tempo, o dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601). Muito rico e um encrenqueiro de primeira (conta-se que ele perdeu o nariz, substituído por uma prótese metálica, após um duelo disputado por uma discordância sobre uma equação matemática), o homem construiu na ilha Hven o mais suntuoso observatório da época, Uraniborg. Lá, durante muitos anos, ele fez as medições mais exatas jamais vistas. Um de seus vários sucessos foi no estudo, em 1572, de uma nova estrela que antes não era vista, mas depois passou a brilhar intensamente no céu, para então voltar a sumir. Hoje, sabemos que o fenômeno está associado à morte de estrelas, mas, aos olhos daqueles homens, parecia ser um novo astro, não um moribundo. Tycho também teve a chance de coordenar um esforço para determinar a distância de um cometa que surgiu nos céus em 1577, constatando que ele não estava na esfera sublunar. Aristóteles atribuía uma natureza atmosférica aos cometas – tidos supersticiosamente como o anúncio de grandes catástrofes, por seu aparecimento

repentino, exuberante e imprevisível. Afinal, para ele, o único lugar para coisas em mutação era abaixo da esfera lunar. As observações de Tycho da nova estrela e desse cometa derrubariam esse preceito aristotélico. Ainda assim, o dinamarquês era relutante em ir até o final na revolução e dispensar o geocentrismo. Em vez disso, ele usou suas observações para criar um modelo que era alternativo ao de Aristóteles e Ptolomeu – mas também ao de Copérnico. Praticamente um meio-termo entre eles, o sistema colocava todos os planetas girando em torno do Sol, que por sua vez, com a Lua, girava em torno da Terra, que seguia sendo o centro do Universo. Em termos de previsões, o modelo híbrido não funcionava direito. Mas, num mundo em que há três modelos diferentes do cosmos e nenhum deles resolve o problema a contento, Tycho não parecia ficar muito atrás de seus predecessores.

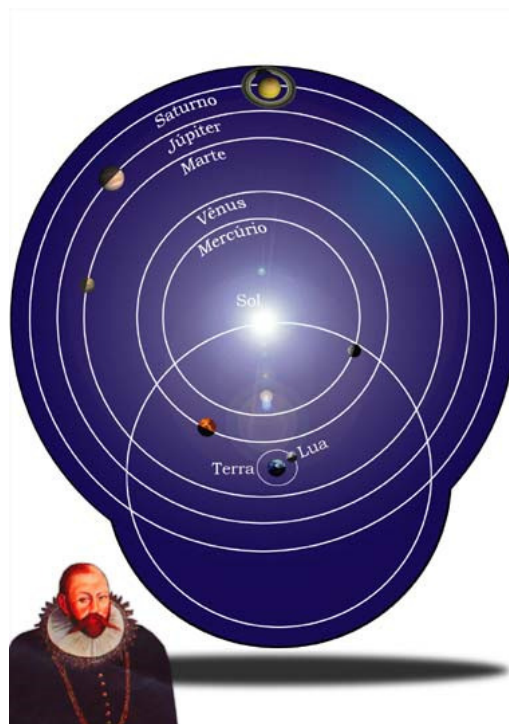


Figura 8: Modelo Tychônico Fonte:

<<http://www.trekbrasilis.org/classico/sn/rumoaoinfinito/capitulo1.shtml>>

Ainda assim, o dinamarquês tomou o passo decisivo que colocou a humanidade no caminho do heliocentrismo, ao contratar o jovem e promissor Kepler, em 1600, para trabalhar com ele no castelo de Benátky, para onde sua equipe havia se mudado dois anos antes. Os dois batiam de frente. Kepler, novo e ambicioso, tinha seus próprios objetivos – provar com observações a correção do sistema copernicano; Tycho, mais experiente, mas, sem os lampejos de seu colega, não queria ver sua utilidade esgotada. Mais de uma vez o alemão ameaçou deixar Benátky, o que acabou encostando o veterano na parede. Tycho então resolveu dar uma tarefa relevante a

seu ávido colaborador: determinar com precisão a órbita de Marte. O dinamarquês sabia o quanto a missão era árdua. Por ser um dos planetas mais próximos da Terra, sua trajetória no céu era bastante conhecida – e não se encaixava em nada com as previsões feitas pelos modelos de Ptolomeu, Copérnico e Tycho. Resultado: a despeito de sua genialidade, Kepler levou oito anos para decifrar o enigma, que cobrou do astrônomo alemão o sacrifício da única coisa que unia os conceitos cosmológicos de então: a esfera. Os precisos dados observacionais de Tycho revelaram a Kepler o verdadeiro formato da órbita marciana: uma elipse⁶, com o Sol posicionado em um de seus focos! Kepler descobriu que o sistema de Copérnico funcionava perfeitamente se fossem dele retirados os círculos – impregnados no pensar científico desde a adoração às esferas nos tempos gregos como a forma geométrica mais perfeita – e colocados no lugar elipses, com o Sol em um de seus dois focos. Na verdade, a natureza surpreendeu a todos, pois o Sol não está no centro das órbitas elípticas. A descoberta da órbita elíptica só foi possível graças aos precisos dados observacionais realizados por Tycho Brahe, pois a diferença entre a órbita circular e a elíptica, para o caso de Marte, é muito pequena. Certamente Kepler, no início, deve ter ficado tentado a atribuir os pontos da órbita que ficavam fora do círculo por conta de erros de observação, mas ele confiava na precisão das medições de Tycho Brahe, de modo que teve mesmo que se render à evidência dos fatos, ou seja, a órbita de Marte não era um círculo e sim uma elipse, com o Sol num dos focos. Para você ter uma ideia de como as órbitas dos planetas do Sistema Solar são tão próximas de círculos (apesar de em muitos livros didáticos as vemos erradamente como elipses superexcêntricas, ou seja, muito achatadas). E o alemão foi ainda mais longe. Em 1609, ele descobriu que os planetas não giram ao redor do Sol em velocidade constante, como antes se supunha, mas aceleravam e desaceleravam. E seu ritmo guardava uma relação com sua órbita. Segundo Kepler, a linha Sol-planeta varria áreas iguais na elipse em iguais intervalos de tempo. Para ilustrarmos a segunda lei de Kepler, vamos usar a órbita de Plutão, que até recentemente era considerado planeta e foi em 2006 rebaixado à categoria de planeta anão. Como todos os objetos, planetas ou não, que orbitam o Sol obedecem às leis de Kepler, o exemplo continua sendo válido, mesmo após a reclassificação. E o melhor de tudo é que Plutão tem uma órbita muito mais excêntrica (achatada) do que a dos planetas, o que facilita a visualização. O período de translação de Plutão tem quase 250 anos terrestres, ou seja, a Terra gira ao redor do Sol 250 vezes enquanto Plutão gira apenas uma vez.

Vamos supor que entre os pontos 1 e 2 ele tenha gasto 50 anos, e entre os pontos 3 e 4 ele também tenha gasto 50 anos. Então, pela segunda lei de Kepler, a área A é igual à área B. Isso somente é possível em virtude da variação da velocidade do planeta em seu movimento de translação. Quando perto do Sol ele se move mais rapidamente do que quando mais longe.



Figura 9: Representação da segunda lei de Kepler.

Fonte: <<http://cientistadoidao.blogspot.com.br/2011/11/gigantes-da-ciencia-johannes-kepler.html>>

Finalmente, em 1619, o astrônomo alemão faria novo avanço, ao determinar que a razão entre o quadrado do tempo (T) que um planeta leva para completar uma órbita e o cubo da distância média (D) do planeta ao Sol é uma constante, ou seja:

$$\frac{T^2}{D^3} = k$$

O valor de k depende das unidades usadas para o período (T) e a distância (D).

Embora possa não parecer muito impressionante, a terceira lei de Kepler foi uma das coisas que permitiram ao inglês Isaac Newton (1642-1727) o desenvolvimento da teoria da gravitação universal. Essa lei de Kepler na verdade é uma solução aproximada bem eficiente das equações newtonianas, e é extremamente útil falar dela. Como a equação é bem simples, trata-se de algo que se pode manipular em sala de aula. Além do mais, vale ressaltar que o cálculo não serve apenas a esforços educacionais. Até hoje, como forma de aproximação, ao estudar órbitas de estrelas binárias (compostas por dois astros, ambos girando em torno de um centro de gravidade comum), os astrônomos aplicam a terceira lei kepleriana! Com seu trabalho,

Kepler finalmente concluiu a busca que começou no início dos tempos de explicar os movimentos vistos no céu. Mas caberia a um contemporâneo seu, Galileu, dar um novo rumo à astronomia. Galileu Galilei (1564-1642) foi um dos mais famosos defensores do heliocentrismo, tendo proposto uma nova física, diferente da de Aristóteles, para tornar aceitável que a Terra se move em torno do Sol. Em 1609 que Galileu descobriu provas sobre o movimento da Terra quando se inventou o telescópio na Holanda, por meio dele, descobriu a existência de “luas” (satélites) que se moviam em torno de Júpiter, o que indicava que este planeta gira ao redor do Sol, observou a existência de montanhas na Lua e as fases de Vênus. Esses estudos ajudaram a romper com a visão que se tinha anteriormente de que o mundo celeste era algo totalmente diferente do mundo terrestre. Por sua defesa da teoria de Copérnico, Galileu foi perseguido pela Inquisição, mas não recebeu nenhuma penalidade mais grave. Com o advento do telescópio, o Sistema Solar foi ampliado com a aquisição de mais dois planetas. Urano, encontrado por Sir William Herschel (1738-1822) da Inglaterra, em 1781; e Netuno, observado pela primeira vez pelo Observatório de Berlim em 1846. Plutão, achado pelo astrônomo americano Clyde William Tombaugh (1906-1997) em 1930, chegou a ser categorizado como planeta, mas foi “rebaixado” a planeta anão em 2006.

A Grande Síntese

Embora desde Kepler os movimentos planetários tenham se tornado razoavelmente previsíveis, o principal paradigma do estudo do céu ainda não havia caído: o de que as regras que operavam lá, fossem quais fossem, não correspondiam às regras que operavam aqui no chão. De um ponto de vista filosófico, céu e Terra continuavam tão separados quanto estavam na época de Aristóteles, com sua misteriosa quintessência de um lado e os quatro elementos terrestres (fogo, ar, água e terra) de outro. O responsável por derrubar esse ranço do pensamento aristotélico foi o britânico Isaac Newton, tecnicamente um sucessor intelectual de Kepler e Galileu, mas na prática muito mais audaz do que eles. Newton é hoje considerado por muitos como a mais poderosa mente que já surgiu na ciência, e não há como ignorar a atuação fundamental desse físico e matemático na reformulação das bases da astronomia. Seu sucesso mais famoso, como mencionamos há pouco, é a criação da teoria da gravitação universal. E o que é mais especial a respeito dela, ao contrário do que se possa pensar, não é que ela fala de “gravitação”, mas sobretudo o fato de ser

universal. Com ela, Newton estabelece uma lei da natureza que não faz distinção entre o mundo celeste e o mundo terreno. A mesma gravidade que faz a maçã cair também faz a Lua girar ao redor da Terra e a Terra girar ao redor do Sol. É a visão de Newton que dá verdadeiro sentido aos sucessos de Kepler e Galileu; o alemão e o italiano já haviam feito grandes coisas para explicar o movimento dos astros e a ação da gravidade terrestre, mas nenhum dos dois conseguiu costurar tudo e enxergar mais longe, percebendo que o universo lá fora e o mundo aqui embaixo são ambas partes de um todo, que obedece às mesmas leis naturais. Modesto e gracioso com seus predecessores, Newton disse que só conseguiu ver isso porque estava “sobre os ombros de gigantes”. Com esse passo precioso, Newton estabeleceu as bases para a ciência moderna. Isso, não só por demonstrar seu caráter literalmente universal (ou seja, que abarca todos os espaços observáveis pelo ser humano), mas também por criar um novo formalismo científico. Sua obra-prima, chamada *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* [Princípios Matemáticos da Filosofia Natural], é tida como um dos primeiros livros a adotar o rigor e a precisão das narrativas científicas modernas. Na função de brilhante pioneiro, Newton fez escola e lançou os alicerces de um novo modo de se fazer ciência. De quebra, resolveu todas as minúcias dos movimentos planetários.

Bem, nem todas, na verdade.

O Último Enigma

Apenas um mistério sobre os movimentos dos planetas permanecia sem resposta – uma estranha precessão⁷ da órbita de Mercúrio, o astro mais próximo do Sol. Não é difícil imaginar o fenômeno. Como as órbitas planetárias são elípticas (ainda que muito próximas de um círculo perfeito), há um ponto em que o planeta atinge a distância máxima do Sol, denominado afélio, e outro em que ele está o mais próximo possível, o periélio. No caso de Mercúrio, conforme ele completa voltas e mais voltas ao redor do Sol, esses pontos de aproximação e afastamento máximos mudam de ano para ano – ocorre a dita precessão: a própria órbita gira em torno do Sol.

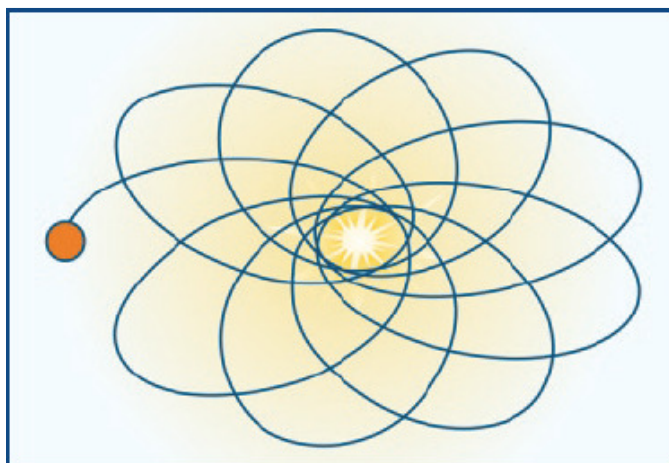


Figura 10: A precessão: não só o planeta gira, mas, a órbita dele também, como no desenho acima (com elipses exageradas para deixar o efeito mais claro)

Fonte: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=16903&Itemid=1139

≥

Ocorre que as equações da gravitação de Newton aplicadas aos planetas pareciam acertar em cheio em todos os casos, exceto nesse. Houve quem especulasse sobre a existência de um outro planeta, ainda mais próximo do Sol do que Mercúrio, responsável pelo efeito. Mas, no final, a solução só veio mesmo quando o alemão Albert Einstein (1879-1955) apresentou sua nova teoria da gravidade, mais conhecida como a teoria da relatividade geral, em 1915. Uma substituta à gravitação de Newton (assim como esta última superou as leis de Kepler), a gravidade einsteiniana traria algumas novidades. A mais óbvia delas era a explicação correta para o movimento de Mercúrio, dispensando a existência de um outro planeta (o próprio Einstein só se convenceu de que sua teoria estava correta depois de efetuar os cálculos e se certificar de que ela explicava a misteriosa precessão). Outra, muito mais surpreendente, era a de que, uma vez que a relatividade tratava a gravitação como uma curvatura no espaço e no tempo (vistos como uma única entidade indivisível, o espaço-tempo), o Universo passaria a ser encarado como algo dinâmico, tendo sua história regida pela ação da gravidade ao longo do tempo. Moral da história: com a relatividade geral seria possível especular de forma mais concreta sobre as origens do Universo! Einstein relutou em fazer isso. Por suas concepções religiosas e filosóficas, o alemão entendia que o Universo deveria ser eterno e estático, enquanto suas equações sugeriam que essa condição era impossível – um universo regido pela gravidade precisaria, necessariamente, estar em expansão ou em contração. Para solucionar o dilema, ele modificou suas equações, incluindo em 1917 uma “constante cosmológica” – destinada justamente a manter o Universo estático ao longo do tempo.

Qual não foi sua surpresa quando o grande astrônomo americano Edwin Hubble (1889-1953) descobriu em 1929, por observações astronômicas, que as galáxias pareciam estar todas se afastando umas das outras, e quanto mais distante estava uma galáxia, mais rapidamente ela parecia se afastar (aliás, nossa representação moderna de Universo data de 1924, quando Hubble demonstrou que a Via Láctea não era a única galáxia no cosmos). Essa recessão de galáxias foi imediatamente reconhecida como o sinal de que o Universo de fato estava em processo de expansão. Após a publicação desses resultados, Einstein lamentou não ter acreditado no que suas equações lhe diziam havia mais de uma década e repudiou sua constante cosmológica, considerando-a o maior erro de sua carreira. Ora, se o Universo estava em expansão, ao rebobinarmos a fita, constataríamos sem demora que ele esteve numa condição muito mais compacta no passado. Então, se fosse possível voltar ao início dos tempos, será que o cosmos inteiro estaria condensado num único ponto? Foi essa a suposição que o padre belga Georges Lemaître (1894-1966) fez ainda em 1927, sem as observações de Hubble para apoiá-lo. Era o início da chamada teoria do *Big Bang*, que seria posteriormente mais trabalhada pelo russo-americano George Gamow (1904-1968). Além de desenvolver alguns detalhes de como se teria procedido essa “grande explosão” inicial, o físico fez uma previsão: se a teoria estivesse correta, deveria existir, emanando de todas as partes do cosmos, um “eco” desse evento primordial. Essa radiação, hoje conhecida como radiação cósmica de fundo de micro-ondas, foi descoberta em 1965, por acidente, por Arno Penzias (1933-) e Robert Wilson (1936-), trabalhando para os Laboratórios Bell, nos Estados Unidos. Dali em diante, a origem do Universo parecia um problema, ao menos parcialmente, resolvido – embora os detalhes e as implicações desse começo muito quente e denso ainda estejam por ser totalmente decifrados. Após séculos e séculos de especulação e reflexão, hoje a humanidade pode se orgulhar de ter uma visão razoável de como o Universo nasceu e evoluiu.

A.9 Texto “Astronomia Indígena Brasileira”

Prof. Germano Bruno Afonso

O índio brasileiro também percebeu que as atividades de pesca, caça, coleta e lavoura obedecem a flutuações sazonais⁸. Assim, ele procurou entender, por meio de mitos e lendas, essas flutuações cíclicas e utilizou-as, principalmente, para a sua subsistência. Frequentemente, tendemos a julgar a cosmologia de outras civilizações através de nossos próprios conhecimentos, desenvolvidos predominantemente dentro de um sistema educacional ocidental. Esse conhecimento é formal porque tende a ser suportado por documentos escritos, regras, regulamentos e infraestrutura tecnológica. No entanto, a visão indígena do Universo deve ser considerada no contexto dos seus valores culturais e conhecimentos ambientais. Esse conhecimento local se refere às práticas e representações que são mantidas e desenvolvidas por povos com longo tempo de interação com o meio natural. O conjunto de entendimentos, interpretações e significados faz parte de uma complexidade cultural que envolve linguagem, sistemas de nomes e classificação, utilização de recursos naturais, rituais e espiritualidade. As constelações dos tupis-guaranis diferem das concepções das sociedades exteriores ocidentais principalmente em três aspectos. Primeiro, as principais constelações ocidentais registradas pelos povos antigos são aquelas que interceptam o caminho conhecido como “faixa do zodíaco”, por onde aparentemente passa o Sol, e na qual sempre encontramos a Lua e os planetas. Essas constelações são chamadas zodiacais. Por outro lado, as principais constelações indígenas estão localizadas na Via Láctea, a faixa esbranquiçada que atravessa o céu, onde as estrelas e as nebulosas aparecem em maior quantidade, facilmente visível à noite, desde que o céu seja observado de um local onde haja pouca iluminação artificial, o que dificilmente ocorre em nossas cidades atuais, mas era o normal para os índios em suas aldeias. Os índios brasileiros davam maior importância às constelações localizadas na via Láctea, que podiam ser constituídas de estrelas individuais, como acontece na tradição ocidental, mas também, curiosamente, por nebulosas claras ou escuras, como a do Saco de Carvão, que fica junto ao Cruzeiro do Sul. A Via Láctea é chamada de Caminho da Anta (Tapi'i rapé, em tupi-guarani) pela maioria das etnias dos índios brasileiros, devido às constelações que representam antas, que nela se localizam (Tapi'i significa “anta” em guarani), e pelo fato de a faixa da Via Láctea, na

imaginação de nossos indígenas, lembrar as trilhas que as antas costumam deixar na mata.

A Constelação da Ema

Na segunda quinzena de junho, quando a Ema (Guyra Nhandu) surge em sua totalidade ao anoitecer, no lado leste, indica o início do inverno para os índios do sul do Brasil e o início da estação seca para os do norte. A constelação da Ema (*Rhea americana alba*) se localiza numa região do céu limitada pelo Cruzeiro do Sul e Escorpião. Sua cabeça é formada pelo Saco de Carvão, nebulosa escura que fica próxima à estrela Magalhães. A Ema tenta devorar dois ovos de pássaro que ficam perto de seu bico, representados pelas estrelas Alfa Muscae e Beta Muscae. As estrelas Alfa do Centauro e Beta do Centauro estão dentro do pescoço da Ema. Elas representam dois ovos grandes que a Ema acabou de engolir. Uma das pernas da Ema é formada pelas estrelas da cauda de Escorpião. As manchas claras e escuras da Via Láctea ajudam a visualizar a plumagem da Ema. Conta o mito guarani que a constelação do Cruzeiro do Sul segura a cabeça da Ema. Caso ela se solte, beberá toda a água da Terra e morreremos de seca e sede.



Figura 11: **A Constelação da Ema**

A Constelação do Homem Velho

Na segunda quinzena de dezembro, quando o Homem Velho (Tuya'i) surge totalmente ao anoitecer, no lado leste, trata-se do início do verão para os índios do sul e o início da estação chuvosa para os do norte. A constelação do "Homem Velho" é formada pelas constelações ocidentais do Touro e de Órion. A cabeça do Homem Velho é

formada pelas estrelas do aglomerado estelar das Híades, em cuja direção se encontra Aldebaran, a estrela mais brilhante da constelação do Touro, de cor avermelhada. Acima da cabeça do Homem Velho fica o aglomerado estelar das Plêiades, um penacho que ele tem amarrado à cabeça. A estrela Bellatrix fica na virilha do Homem Velho, e a estrela vermelha Betelgeuse representa o lugar em que sua perna foi cortada. O Cinturão de Órion (Três Marias) formado pelas estrelas Mintaka, Alnilam e Alnitak, representa o joelho da perna sadia. A estrela Saiph representa o pé da perna sadia. O braço esquerdo do Homem Velho é constituído por estrelas do escudo de Órion. Na sua mão direita ele segura um bastão para se equilibrar. Conta o mito guarani que essa constelação representa um homem casado com uma mulher muito mais jovem do que ele. Sua esposa ficou interessada no irmão mais novo do marido e, para ficar com o cunhado, matou o marido, cortando-lhe a perna na altura do joelho direito. Os deuses ficaram com pena do marido e o transformaram em uma constelação.



Figura 12: A Constelação do Homem Velho

A Constelação da Anta do Norte

A constelação da Anta do Norte é conhecida principalmente pelas etnias de índios brasileiros que habitam na região norte do Brasil, tendo em vista que para as etnias da região sul ela fica muito próxima da linha do horizonte. Ela fica totalmente na Via Láctea, que participa muito nas definições de seu contorno, fornecendo uma imagem

impressionante dessa constelação. Existem outras constelações representando uma Anta (Tapi'i, em guarani) na Via Láctea, por isso chamamos essa constelação de Anta do Norte. A Via Láctea é chamada de Caminho da Anta devido, principalmente, à constelação da Anta do Norte. Na segunda quinzena de setembro, a Anta do Norte surge ao anoitecer, no lado Leste, indicando uma estação de transição entre o frio e calor para os índios do sul do Brasil, e entre a seca e a chuva para os índios do norte do Brasil. A constelação da Anta do Norte fica na região do céu limitada pelas constelações ocidentais Cygnus (Cisne) e Cassiopeia (Cassiopéia).



Figura 13: **A Constelação da Anta do Norte**

A Constelação do Cruzeiro do Sul

A constelação do Cruzeiro do Sul (Curuxu) fica em plena Via Láctea, sendo a constelação mais conhecida dos habitantes do Hemisfério Sul. Ela é formada, em sua parte principal, por cinco estrelas, quatro delas representando uma cruz, e uma quinta fora do braço da cruz. Essas estrelas, pela ordem de brilho, são conhecidas, popularmente, como Magalhães, Mimosa, Rubídea, Pálida e Intrometida. Magalhães (a mais brilhante) e Rubídea (avermelhada) formam o braço maior da cruz; Mimosa e Pálida compõem o menor. A Intrometida (a mais apagada) não consta da representação dessa constelação pelos tupis-guaranis. O Cruzeiro do Sul está próximo do Pólo Sul Celeste (PSC), prolongamento do eixo de rotação da Terra no nosso céu, parecendo girar em torno dele de leste para oeste, devido ao movimento de rotação da Terra de oeste para leste. Assim, dependendo do dia e da hora, a cruz pode estar de cabeça para baixo, deitada, inclinada ou em pé, sempre fazendo uma

circunferência em torno do Pólo Sul Celeste. A posição da constelação do Cruzeiro do Sul é utilizada pelos tupis-guaranis para determinar os pontos cardeais, o intervalo de tempo transcorrido durante a noite e as estações do ano. Quando a cruz se encontra em pé, o prolongamento do seu braço maior aponta para o ponto cardinal sul. Olhando para o sul, às nossas costas temos o norte, à direita o oeste e à esquerda, o leste. O início de cada estação do ano é determinado pelos tupis-guaranis considerando a posição da cruz ao anoitecer: no outono ela fica deitada do lado esquerdo do sul, isto é, para leste; no inverno, fica em pé apontando para o sul; na primavera, ela se encontra deitada para o lado oeste e, no verão, de cabeça para baixo, abaixo da linha do horizonte, sendo visível somente após a meia-noite.



Figura 14: **A Constelação do Cruzeiro do Sul**

Fonte: <<http://observacoesnocturnas.blogspot.com.br/2009/07/astronomia-das-bandeiras-cruzeiro-do.html>>

A.10 Texto “Movimento Retrógrado dos Planetas: da Visão Ptolomaica à Visão Copernicana”

Texto baseado no artigo de Iran Carlos Stalliviere Corrêa – Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe (CORRÊA, acesso em 20 ago. 2012) e na dissertação de Lopes (2001).

Do ponto de vista terrestre (visão geocêntrica), o Sol parece completar uma volta em torno da Terra todos os dias, gerando os dias e noites, e uma volta completa no céu, com relação às estrelas, em um ano, gerando as estações do ano. Movimentos semelhantes são realizados pela Lua e pelos planetas, só que em períodos distintos. Todos esses astros, quando observados da Terra, possuem um movimento diário, nascendo a leste e se pondo a oeste, todos os dias, e movimentos aparentes com relação às estrelas que ficam ao fundo, formando as constelações, descrevendo trajetórias próximas à trajetória anual que o Sol também descreve com relação às estrelas. A Lua e todos os planetas se movem, com relação às estrelas, predominantemente no mesmo sentido do movimento anual do Sol: de oeste para leste. Daí a origem do modelo geocêntrico, que tentou explicar os movimentos desses astros errantes por entre as constelações zodiacais; todos deslocando-se em torno da Terra imóvel. Esse é o modelo ptolomaico do universo, como vimos na abordagem histórica que fizemos acima.

Astronomia Ptolomaica

Após o auge da ciência grega nos sécs. III e II a.C., seguiu-se um período com bem menos trabalhos originais. No entanto, no séc. II d.C., duas grandes figuras representaram a culminação da ciência antiga: Ptolomeu e Galeno. Ptolomeu de Alexandria (100-178 d.C.) escreveu o grande tratado astronômico *Composição Matemática*, mais conhecido por seu nome em árabe, *Almagesto*, além de outras obras que chegaram até nós. Ptolomeu conhecia bem a obra de seus predecessores, e a desenvolveu em vários aspectos. Levou adiante o catálogo de estrelas de Hiparco, chegando a 1028 estrelas. No início do *Almagesto*, Ptolomeu justificou o estudo da astronomia porque fortaleceria o caráter dos homens, que passariam a querer que sua alma também atingisse a beleza divina dos corpos celestes. Passou então a formular e justificar as principais teses de seu sistema, como a esfericidade dos céus, da Terra, e o fato de que a Terra estaria em repouso no centro do universo. Ptolomeu foi bastante influenciado por Aristóteles, e desenvolveu diversos argumentos para

justificar a imobilidade da Terra. O principal objetivo do astrônomo seria salvar as aparências, explicando o movimento irregular dos corpos celestes a partir de movimentos circulares uniformes. Para isso, adotou a abordagem de Apolônio e Hiparco dos epiciclos e deferentes. Ptolomeu introduziu correções para os planetas, sendo que a principal envolve um conceito novo chamado “equante”. O equante é um ponto fora da Terra e fora do centro do círculo, em relação ao qual o planeta orbita com velocidade angular constante. Ptolomeu forneceu dados numéricos precisos para possibilitar os cálculos de posições para cada corpo celeste. Para estimar as distâncias planetárias, Ptolomeu supunha que não havia espaço vazio entre as faixas que os epiciclos de cada planeta descreviam (por exemplo, na figura abaixo, o epiciclo de Mercúrio encosta no de Vênus).



Figura 15: Modelo Ptolomaico

Fonte: <<http://www.educ.fc.ul.pt/icm/icm2003/icm14/Ptolemy.htm>>

Apesar de seus méritos, a teoria ptolomaica estava sujeita a duas críticas. 1) Um movimento circular uniforme em torno de um ponto que não é seu centro, como na doutrina do equante, quebrava a regra de que só deveria haver movimentos circulares uniformes em sentido estrito. Tal crítica foi feita por Copérnico, e foi chamada pelo historiador francês Paul Tannery de “heresia cinemática”. 2) As teorias lunar e planetária não descreviam certos dados conhecidos pelo próprio Ptolomeu. No caso da Lua, seu modelo previa que o diâmetro aparente da Lua dobraria entre o perigeu (o ponto mais próximo da Terra) e o apogeu (o ponto mais distante), o que de fato não é observado, como ele próprio sabia. Uma justificativa dada para isto é que ele estaria preocupado apenas em *prever* as posições da Lua, em “salvar as aparências”, e não em fornecer um *modelo físico* completo. No entanto, em outros momentos, ele

demonstrou preocupação com tal modelo físico, como quando ele utilizou o sistema aristotélico para justificar a imobilidade da Terra. Em uma outra obra, *As Hipóteses dos Planetas*, Ptolomeu inclusive sugeriu uma descrição física: os planetas estariam situados em faixas de esferas (não esferas cristalinas), e os planetas estariam imbuídos de uma “força vital” que lhes daria movimento.

Astronomia Copernicana

O polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) frequentou várias universidades européias, tendo estudado medicina, direito canônico e economia. Mas sua paixão era a astronomia. Na história da evolução do conhecimento científico, Copérnico tem lugar de destaque, graças à sua obra *De revolutionibus orbium coelestium* (*Das revoluções dos orbes celestes*). Em contraposição ao sistema geocêntrico, então em vigor, *De revolutionibus* apresentou o sistema heliocêntrico, desencadeando a chamada revolução copernicana. A obra foi publicada em 1543, mas as ideias de seu autor sobre o novo sistema estavam sendo gestadas havia muito tempo. No geral, contudo, o livro não exerceu um impacto imediato sobre os estudos astronômicos modernos. Em *Das revoluções*, Copérnico, na verdade, não postulou um sistema heliocêntrico, mas, sim, um sistema heliostático. Ele considerava que o Sol não estava exatamente no centro do universo, mas apenas perto do centro, de modo a dar conta de variações na retrogradação e no brilho. Por volta de 1512, ele fez circular entre colegas um pequeno texto manuscrito, em latim, conhecido hoje como *Commentariolus*. Nessa obra de poucas páginas, Copérnico faz a primeira descrição de sua teoria heliocêntrica. Nos primeiros parágrafos do *Commentariolus*, Copérnico refere-se às abordagens adotadas pelos gregos para explicar o movimento dos planetas. Em particular, destaca que, além de excêntricos e epiciclos, Ptolomeu e outros astrônomos precisaram introduzir os equantes para tentar reproduzir as disparidades mostradas pelos dados numéricos das observações. Isso o incomodava, pois os equantes violavam o Princípio da Regularidade. Os planetas não se moveriam com velocidade uniforme em seus orbes deferentes nem em torno de seus centros. Copérnico decidiu então apresentar um modelo que, além de resolver o problema, seria mais simples e conveniente, desde que atendidas às exigências destacadas a seguir: não há um centro único de todos os orbes, o centro da Terra não é o centro do mundo, mas apenas o da gravidade e do orbe lunar; todos os orbes giram em torno do Sol (portanto, o centro do mundo está perto do Sol); a distância entre a Terra e o

Sol é insignificante se comparada com a distância às estrelas; o movimento aparente do firmamento se deve à rotação da Terra em torno de seu eixo; qualquer movimento aparente do Sol não é causado por ele, mas pela Terra e pelo nosso orbe, com o qual giramos em torno do Sol; os movimentos retrógrados aparentes dos planetas não pertencem a eles, mas a Terra (apenas o movimento desta explica muitas irregularidades aparentes no céu). Copérnico foi o primeiro a situar Vênus e Mercúrio corretamente, estabelecendo com notável precisão a ordem e a distância dos planetas conhecidos. Ele via esses dois planetas (Vênus e Mercúrio) como estando mais perto do Sol e percebeu que eles giravam mais rápido dentro da órbita da Terra.

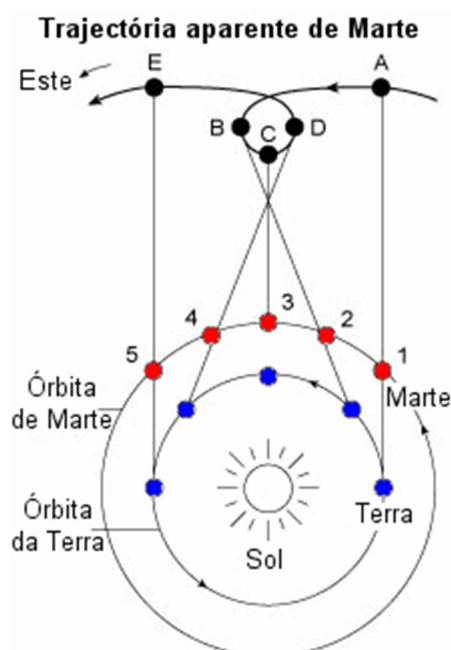


Figura 16: Modelo Copernicano
 Fonte: <http://www.luispontes.com/ast_r.html#retrogradacao>

Glossário

- 1 – Etólogo: cientista que estuda o comportamento animal.
- 2 - Revolução neolítica: termo designado para descrever a transição de certos grupos humanos de caçadores e coletores a agricultores durante a pré-história humana.
- 3 - Solstício: Ocorre duas vezes por ano, nos meses de junho e dezembro, marcando o início das estações do ano, que são contrárias em cada hemisfério.
- 4 – Equinócio: Ocorre nos meses de março e setembro quando definem mudanças de estação, que são contrárias em cada hemisfério.
- 5 – Constelações: Agrupamentos *aparentes* de estrelas, os quais os astrônomos da antiguidade imaginaram formar figuras de pessoas, animais ou objetos.

6 – Elipse: figura geométrica plana em que a soma das distâncias de qualquer de seus pontos a dois pontos fixos (chamados focos) é uma constante. O círculo é o caso particular da elipse quando os dois focos estão no mesmo lugar.

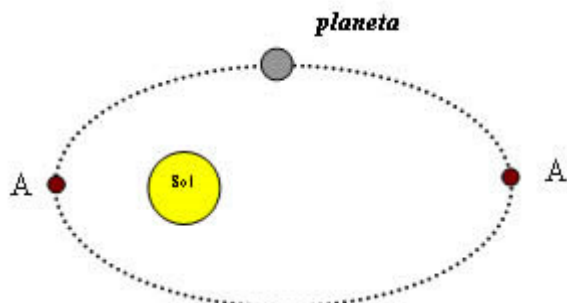


Figura 17: Elipse.

Fonte: <<http://www.brasilecola.com/matematica/a-presenca-matematica-na-astronomia.htm>>

7 – Precissão da órbita de um planeta: é o giro da própria órbita do planeta em torno da estrela central, de modo que o periélio (ponto da órbita em que o planeta está mais próximo do Sol) ocorre a cada volta numa posição ligeiramente diferente da anterior.

8 - Flutuações sazonais: flutuações que ocorrem de acordo com as estações do ano. A palavra “sazão” significa cada uma das estações do ano.

A.11 Atividade prática: Movimentos dos Planetas

Para finalizar a sequência didática, foi proposto aos alunos a realização de uma atividade prática de simulação dos movimentos dos planetas de acordo com os modelos geocêntrico de Ptolomeu e heliocêntrico de Copérnico usando o próprio corpo dos estudantes, numa representação teatral, de maneira semelhante à indicada por Lebofsky et al. (2013). A figura 1, abaixo, mostra a maneira como foi realizada a marcação no chão considerando, aproximadamente, a distância que cada planeta percorre em sua órbita em duas semanas. As distâncias dos planetas ao Sol foram representadas numa escala reduzida, mas real, de 1:100.000.000.000 (um para cem bilhões, escala na qual, p. ex., o raio real da órbita da Terra, que é de cerca de 150 milhões de km, é representado por uma distância de 1,5 m, ou seja um centésimo de bilionésimo de seu tamanho real), respeitando os tamanhos relativos das órbitas. As órbitas dos planetas e as distâncias em relação ao Sol foram feitas de acordo com figura 2, onde podemos ler:

Mercúrio – 58 cm em relação ao Sol e 6 marcações ao redor da órbita;

Vênus – 108 cm em relação ao Sol e 16 marcações ao redor da órbita;

Terra - 150 cm em relação ao Sol e 26 marcações ao redor da órbita;

Marte - 228 cm em relação ao Sol e 50 marcações ao redor da órbita.

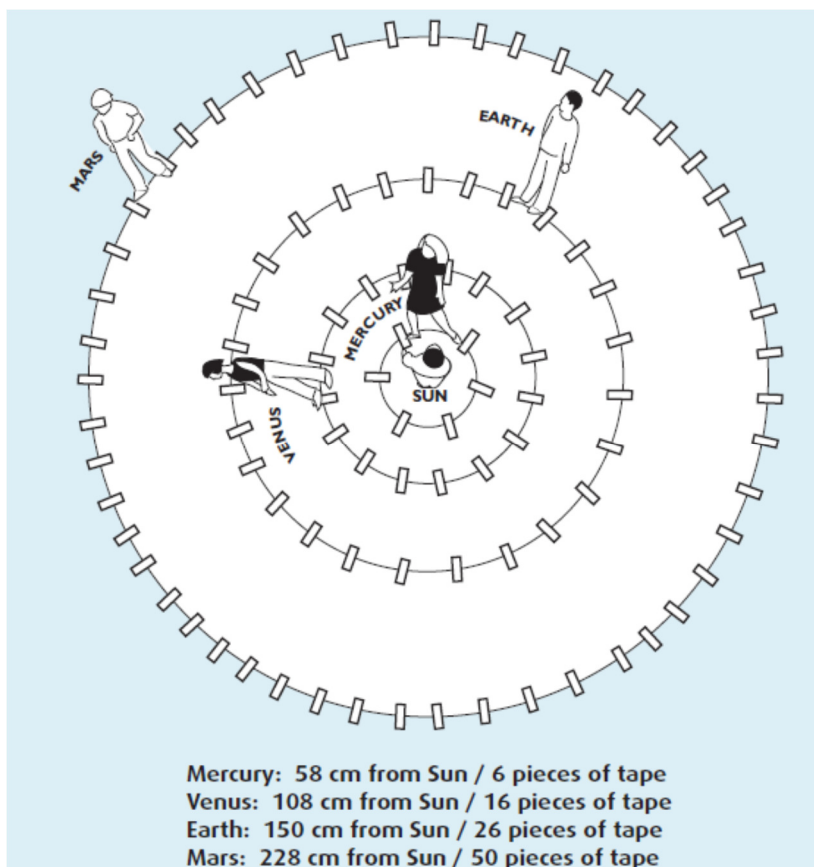


FIGURA 1: Lebofsky et al., <http://kepler.nasa.gov/>, acesso em 20 fev. 2013.

Os objetivos, a metodologia e a forma como o professor pesquisador avaliou a atividade e os materiais utilizados são descritas a seguir:

Objetivo geral da Atividade

Simular os movimentos dos planetas de acordo com os modelos geocêntrico e heliocêntrico por meio do uso do próprio corpo dos estudantes, que representarão o Sol, os planetas e as constelações do zodíaco, de modo que eles visualizem e vivenciem a ocorrência destes movimentos, especialmente dos movimentos retrógrados, em ambos os modelos, visando promover uma compreensão dos mesmos.

Obs.: a atividade servirá tanto para promover a aprendizagem, como para testar e avaliar se ela ocorreu de maneira significativa, tendo em vista que o tema do movimento planetário já vem sendo trabalhado em atividades anteriores da sequência didática.

Objetivos específicos da atividade

- Verificar a aprendizagem da explicação do movimento retrógrado dos planetas a partir do modelo geocêntrico de Ptolomeu e do modelo heliocêntrico de Copérnico;
- Identificar os movimentos relativos entre os planetas e entre as estrelas “fixas”;
- Desenvolver a capacidade de observação a partir dos referenciais Terra e Sol, percebendo as diferenças entre os movimentos observados em cada um deles;
- Destacar a importância dos referenciais usados no estudo e descrição de qualquer movimento (isso pode começar a ser exemplificado por aquele exemplo de giro no sentido horário ou anti-horário do mesmo movimento de uma esfera, dependendo do lado (sul ou norte) a partir do qual ela é observada).
- Demonstrar a escala real de distâncias ao Sol dos 4 planetas mais próximos (sugestão: preparar uma corda com nós (marcações) nas distâncias certas em que devem ficar os planetas na escala adotada (que é de um centésimo de bilionésimo da escala real, com a órbita da Terra, p. ex. ficando com um raio de 150 cm));
- Ensinar que quanto mais próximo ao Sol, mais rápido é o movimento do planeta (Mercúrio vence a corrida! ...), mostrando que isso acontece tanto porque a velocidade dos planetas mais próximos é maior (a distância percorrida a cada duas semanas – espaçamento no qual são marcadas as posições dos planetas no chão – é maior para os mais próximos), como pelo fato de a circunferência da órbita do mais próximo ser menor;
- Mostrar que a duração do ano de cada planeta (tempo gasto para completar uma volta em torno do Sol) é diferente, sendo menor para os mais próximos (em semanas, aproximadamente, basta multiplicar o número de marcas usado na órbita de cada planeta por dois).

Metodologia da Atividade

Inicialmente, o professor retomou a aula ministrada sobre os modelos geocêntrico de Ptolomeu e heliocêntrico de Copérnico. Os alunos representaram os modelos de universo utilizando o próprio corpo, numa espécie de teatro, em que todos desempenharam o papel de um personagem/astro.

Para representar o modelo geocêntrico, os alunos foram divididos em grupos de 3: um representando a Terra, outro o centro do epiciclo e outro o planeta, sendo dada uma corda/barbante para o planeta segurar e servir de raio do epiciclo, depois eles trocaram de papéis e todos os 3 fizeram o papel de Terra. Os restantes dos alunos representaram as “estrelas fixas”, de acordo com a figura 2 que segue abaixo.

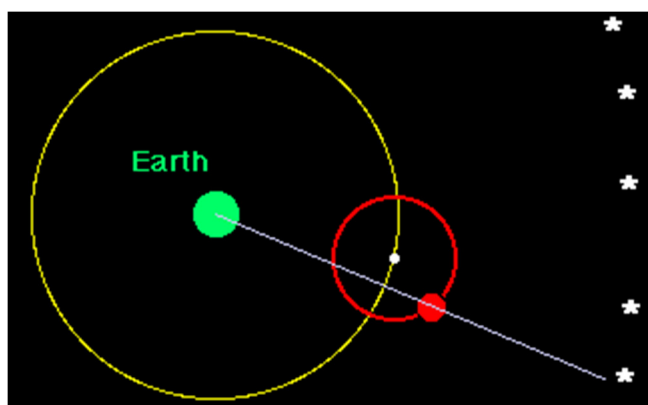


FIGURA 2: Departamento Física e Astronomia da Universidade de Tennessee <http://csep10.phys.utk.edu/astr161/>, Acesso em acesso em 20 fev. 2013.

Para a simulação do modelo de Ptolomeu as distâncias entre os astros não foram representadas numa escala real, pois o próprio modelo foge bastante à realidade. O planeta escolhido sendo que para o planeta escolhido pelos alunos, que foi Marte, isso na proporção exata entre as distâncias da Terra e o outro planeta: Marte, que foi escolhido pelos alunos, pois a representação, em nosso caso, se restringiu a apenas dois planetas, situação na qual já é possível observar o movimento retrógrado dos planetas.

Para situação da modelagem do sistema heliocêntrico de Copérnico foi exigido mais rigor, conforme descrito no artigo anteriormente citado (Lebofsky et al., 2013), onde foram representados o Sol e os quatro planetas “terrestres”: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte.

As distâncias correspondem a um centésimo bilionésimo das distâncias reais, enquanto a quantidade de marcações em cada órbita corresponde, aproximadamente, ao período de cada planeta em sua órbita dividido pelo tempo de duas semanas (14 dias), de maneira a garantir que, se todos os personagens/planetas derem passos, indo de uma marca até a seguinte, ao mesmo tempo, eles completarão suas respectivas revoluções na proporção correta existente entre os períodos dos planetas.

Foi solicitado aos alunos que fizessem as marcações nas órbitas utilizando seus próprios corpos, formando uma roda, situando-se de maneira equidistante em cada órbita e então fazendo uma marcação com giz exatamente no centro da posição em que se encontravam. No caso, por exemplo, de Mercúrio foram utilizados 6 alunos, que ficaram equidistantes sobre a órbita deste planeta e fizeram as marcações, no caso de Vênus, foram necessários 16 estudantes, e assim por diante o procedimento foi feito com cada planeta. Desta forma foram efetuadas as marcações correspondentes aos deslocamentos dos planetas a cada 14 dias (2 semanas).

Em seguida cinco alunos foram escolhidos para ocupar as órbitas de cada um dos quatro planetas representados e o Sol, o restante dos componentes do grupo desenvolveu o papel de estrelas “fixas”. O movimento retrógrado se dá em relação às estrelas “fixas”, logo aqueles componentes tiveram função primordial, sendo que a distância das órbitas dos planetas e as estrelas “fixas” foram mantidas.

A simulação dos movimentos dos planetas num sistema heliocêntrico se iniciou com todos os planetas alinhados, como se fossem iniciar uma corrida, onde foram lançados os seguintes questionamentos:

- Quem vencerá a corrida?
- Enquanto a Terra dá uma volta (completa um ano) quantas voltas os outros planetas deram (quantos “anos” de cada planeta se passaram, associando o conceito de “ano” com a ideia de volta completa em torno do Sol, aplicável a qualquer planeta)?
- O movimento foi sempre no mesmo sentido? Como foi para você, Sol? Como foi para você, Mercúrio? Como foi para você, Terra?

Todos os alunos participaram fazendo um rodízio entre os personagens.

Avaliação da Atividade

Diferentemente do artigo, no nosso caso, em que o assunto já vem sendo trabalhado, foi interessante usar a própria atividade como avaliação, questionando e buscando dar uma boa dose de autonomia aos estudantes para que eles próprios propusessem parte dos procedimentos para construir e rodar os modelos e as observações que devem ser feitas ao rodá-los, para comprovar que os modelos, de fato, conseguem reproduzir o que era esperado, e que já foi estudado, como produzir os movimentos

retrógrados. Contudo, de qualquer forma, além de permitir uma avaliação, sem dúvida acreditamos que a atividade contribuiu muito para uma aprendizagem acerca dos modelos, fazendo isso parte de seus objetivos.

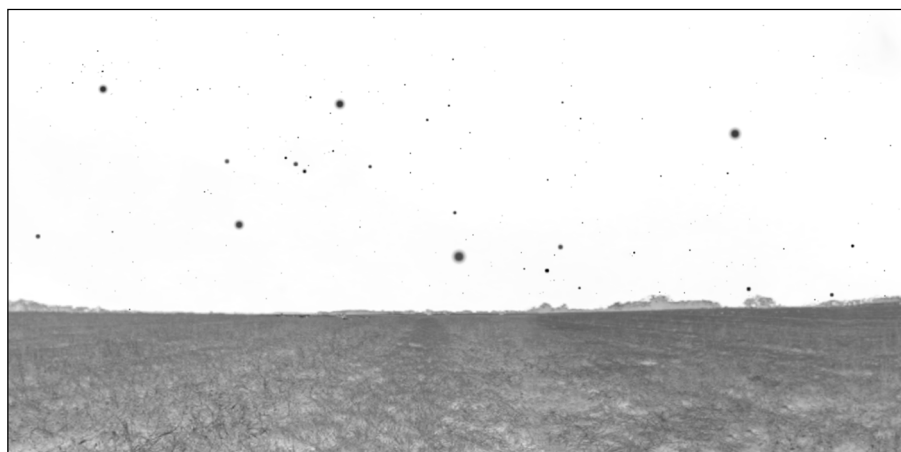
A.12 Questionário C

1. O que é possível ver no céu quando olhamos para ele numa noite sem nuvens?
2. Você acha que é possível ver algum planeta quando olhamos para o céu a olho nu?

() Não () Sim.

Qual(is)? _____

3. No centro da figura abaixo está representada uma estrela brilhante (o ponto maior) que é vista junto ao horizonte leste, no início do verão, no mês de dezembro, por volta das oito horas da noite e algumas outras estrelas (pontos menores), menos brilhantes, por alguém que está observando o céu a partir de um local situado na zona rural do Espírito Santo:



Com o passar das horas, nesta mesma noite, esta estrela se moverá ou permanecerá fixa, na mesma posição, com relação a este horizonte?

() Não se moverá. () Sim, se moverá. Neste caso:

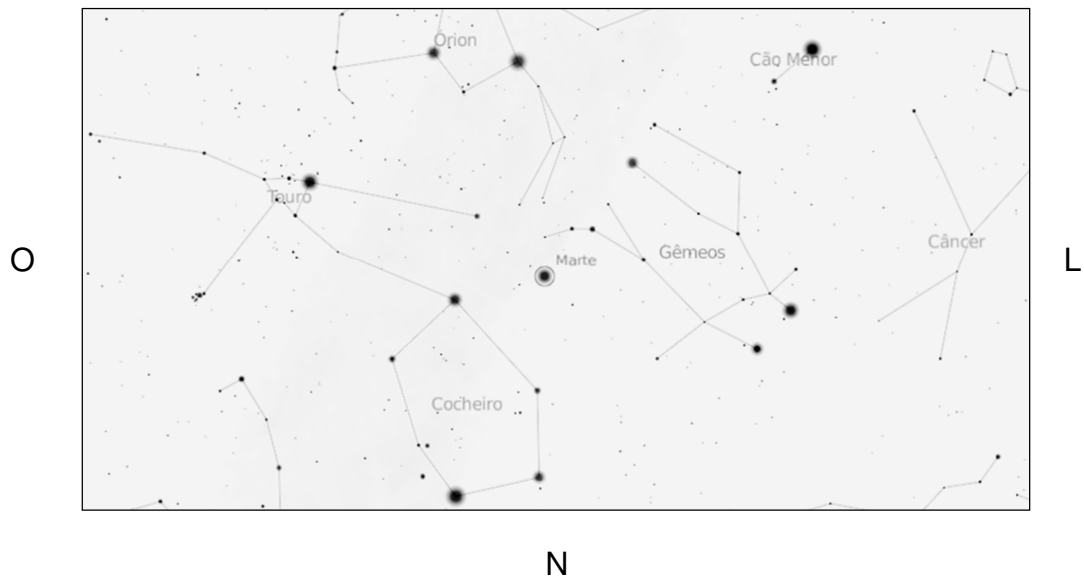
(a) Desenhe uma seta sobre a figura, indicando em que direção você acha que esta estrela se moverá com relação ao horizonte a medida que as horas passam.

(b) Faça o mesmo para as demais estrelas que aparecem na figura, indicando, por meio de setas, em que direção cada uma delas se moverá a medida que as horas passam.

(c) Por que as estrelas fazem este movimento com relação ao horizonte?

4. O mapa celeste mostrado na figura abaixo indica a posição do planeta Marte no céu, entre estrelas das constelações do Touro e de Gêmeos, conforme seria visto por um observador que estivesse, no Espírito Santo, olhando para o céu e voltado de

frente para o norte, com o leste à sua direita, oeste à esquerda e o sul nas suas costas, por volta da meia-noite de um dado dia do ano:



Se esse mesmo observador olhar para Marte nas noites seguintes, você acha que ele poderá verificar que o planeta:

() Não se moverá com relação às estrelas, ficando sempre na mesma posição indicada no mapa.

() Se moverá com relação às estrelas, mudando de posição no mapa. Neste caso:

(a) Desenhe uma seta sobre a figura, indicando em que direção você acha que Marte se moverá, com relação às estrelas, à medida que os dias passam.

(b) Por que o planeta Marte faz este movimento com relação às estrelas?

5. O chamado “movimento retrógrado” de um planeta é um movimento em que um observador situado na Terra vê o planeta se movimentando em relação a quê?

6. Por que acontece o movimento retrógrado de um planeta?

7. Se um observador estivesse situado no Sol, ele veria o movimento retrógrado de algum planeta?

() Sim () Não Por quê? _____

8. Se um observador estivesse situado em Marte, ele veria o movimento retrógrado de algum planeta?

() Sim () Não Por quê? _____

9. Com relação aos modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico, em sua opinião:

(a) Qual deles é o melhor? _____

(b) Por quê? _____

Nas questões a seguir, marque V nos itens que você achar verdadeiros e F nos que você achar errados:

10. Com relação à história da Astronomia e à observação do céu, podemos dizer que:

() Os europeus foram os primeiros a observar o céu, e com eles nasceu a Astronomia.

() Os índios brasileiros não faziam observações do céu.

() Todas as civilizações antigas faziam observações do céu que eram importantes para elas.

() A Astronomia é muito antiga e nasceu da necessidade de registrar eventos climáticos como chuvas, estações do ano e períodos favoráveis ao plantio e à colheita.

() Até certo período da história, não existia Astronomia enquanto ciência. Ela se achava misturada com a Astrologia.

11. Com relação à história da Astronomia e à observação do céu, podemos dizer que.

() Os índios brasileiros observavam o céu, mas não agrupavam as estrelas em constelações.

() O modelo geocêntrico de Ptolomeu descreve uma Terra esférica e imóvel, ocupando o centro do universo.

() Copérnico, em seu modelo heliocêntrico, afirma que a Terra é apenas um dos corpos celestes que orbitam o Sol.

() O modelo de esferas concêntricas idealizado por Galileu, foi o mais aceito da época.

12. Com auxílio do programa Stellarium você acha que seria capaz de ver e identificar alguma constelação no céu?

() Sim () Não Porquê? _____

13. Com auxílio do programa Stellarium você seria capaz de ver e identificar algum planeta no céu?

() Sim () Não Porquê? _____

Nas questões a seguir marque V nos itens que você achar corretos e F nos que você achar errados:

14. Com relação às estrelas que podemos ver no céu a noite, podemos dizer que:

- () Elas são sempre as mesmas, todas as noites e em qualquer horário.
- () Elas são diferentes no início e no final da mesma noite.
- () Se olharmos para o céu em noites diferentes, mas sempre no mesmo horário, veremos sempre as mesmas estrelas.
- () Se olharmos para o céu em noites diferentes, mas sempre no mesmo horário, veremos que o céu muda com o passar dos dias: algumas estrelas que estavam visíveis desaparecem e outras, que não eram visíveis, aparecem.
- () As estrelas que vemos no céu logo que anoitece são as mesmas, tanto no verão quanto no inverno.

15. Quanto à posição da Lua com relação às estrelas, podemos afirmar que:

- () As estrelas que vemos ao lado da Lua são sempre as mesmas, todos os dias.
- () Com o passar dos dias, a Lua muda de posição com relação às estrelas.
- () Numa mesma noite, com o passar das horas, podemos ver que a Lua muda de posição com relação às estrelas.
- () Algumas estrelas ficam mais próximas de nós do que a Lua, outras ficam mais distantes;
- () Todas as estrelas ficam muito mais distantes de nós do que a Lua.

A.13 Referências

AFONSO, Germano Bruno. **Mitos e Estações no Céu Tupi-Guarani**. Edição Especial. Scientific American Brasil: 2006. p.1-10. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/mitos_e_estacoes_no_ceu_tupi-guarani.html>. Acesso em: 17 jan 2013.

AFONSO, Germano Bruno. **Constelações Indígenas**. Disponível em: <<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/indigenas.pdf>>. Acesso em: 14 jan 2013.

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J.D. & HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Interamericana Ltda, Rio de Janeiro, 1980. 625 p.

BISCH, Sérgio Mascarello. **Astronomia no Ensino Fundamental: Natureza e Conteúdo do Conhecimento de Estudantes e Professores**. São Paulo: USP, 1998, 301 p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.btdea.ufscar.br/arquivos/td/1998_BISCH_T_USP.pdf>. Acesso em 20 mar. 2013.

CORRÊA, Iran Carlos Stalliviere. **História da Astronomia**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/museudetopografia/fotos/Fotos_PDF/Historia_da_Astronomia.pdf>. Acesso em: 20 ago 2012.

HISTORY CHANNEL. **Júpiter – o Planeta Gigante**. Vídeo sobre o planeta Júpiter produzido pelo History Channel, episódio 04 da série “O Universo”. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=oJdp161GUu0>>. Acesso em: 01 fev. 2013.

LEITE, Cristina. **Formação do Professor de Ciências em Astronomia: Uma Proposta com Enfoque na Espacialidade**. São Paulo: USP, 2006, 274 p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-05062007-110016/pt-br.php>>. Acesso em 20 mar. 2013.

LOPES, Maria Helena Oliveira. **A Retrogradação dos Planetas e Suas Explicações: Os Orbes e Seus Movimentos, da Antiguidade a Copérnico**. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 245 p. Dissertação de Mestrado em História da Ciência, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.ghc.usp.br/server/Teses/Maria-Helena-Oliveira-Lopes.PDF>>. Acesso em: 12 mar 2013.

MENDONÇA, Conceição Aparecida Soares. **O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais e Biologia**. Burgos: Universidad de Burgos, 2012. 348 p. Tese de Doutorado, Programa Internacional de Doutorado Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Didácticas Específicas. Burgos, 2012. Disponível em: <<http://dspace.ubu.es:8080/tesis/bitstream/10259/192/1/Mendo%C3%A7a.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2013.

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, Santiago, Chile: v. 4, n. 2, p. 38-44, 2005. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/mapasport.pdf>>. Acesso em 21 mar. 2013.

NOGUEIRA, Salvador. **Astronomia**: ensino fundamental e médio. Brasília : MEC, SEB ; MCT ; AEB, 2009. (Coleção Explorando o ensino, v. 11). Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=16903&Itemid=1139>. Acesso em: 12 mar 2013.